

**PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599**

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR HALL PADA HOTEL DI  
SURABAYA DENGAN ELEMEN BALOK PRATEGANG**

**DHIKA KURNIA RYANTA ADHA**

**NRP 10111410000058**

**Dosen Pembimbing**

**Ridho Bayu Aji, ST, MT.,Ph.D**

**NIP . 19730710 199802 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV**

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**

**FAKULTAS VOKASI**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA 2018**



**PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599**

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR HALL PADA HOTEL DI  
SURABAYA DENGAN ELEMEN BALOK PRATEGANG**

**DHIKA KURNIA RYANTA ADHA**

**NRP 10111410000058**

**Dosen Pembimbing**

**Ridho Bayu Aji, ST, MT.,Ph.D**

**NIP . 19730710 199802 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV**

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**

**FAKULTAS VOKASI**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA 2018**



**FINAL PROJECT - RC146599**

**HALL STRUCTURE MODIFICATION DESIGN OF HOTEL IN  
SURABAYA WITH PRESTRESSED BEAM ELEMENT**

**DHIKA KURNIA RYANTA ADHA**

**NRP 10111410000058**

**Supervisor**

**Ridho Bayu Aji, ST, MT.,Ph.D**

**NIP . 19730710 199802 1 002**

**DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING**

**CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT**

**FACULTY OF VOCATION**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA 2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR HALL PADA HOTEL DI  
SURABAYA DENGAN ELEMEN BALOK PRATEGANG**

**Proyek Akhir Terapan**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Terapan**

**Pada**

**Program Studi Diploma IV**

**Departmen Teknik Infrastruktur Sipil**

**Fakultas Vokasi**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya, 27 Juli 2018**

**Disusun Oleh :**

**MAHASISWA**



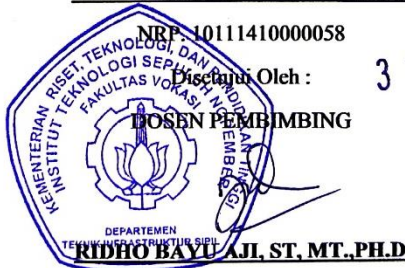
**DHIKA KURNIA RYANTA ADHA**

**NRP. 10111410000058**

**Disetujui Oleh :**

**31 JUL 2018**

**DOSEN PEMBIMBING**



**NIP . 19730710 199802 1 002**



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 17 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Modifikasi Struktur Hall Pada Hotel di Surabaya Dengan Elemen Balok Prategang		
Nama Mahasiswa	Dhika Kurnia R.A.	NRP	101114100058
Dosen Pembimbing 1	Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"><li>- Tolong diteliti balokan kolom tidak kelengkapan pratekan ✓</li><li>- detail kolom kelengkapan pratekan tidak penambahan proyeksi beton ✓</li><li>- Kombinasi prestress ditambahi + &amp; - detail defleksi ✓</li><li>- diteliti pemodelan prestress &amp; SAP + uraian prosedur pratekan ✓</li></ul>	 /Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003
	Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002
<ul style="list-style-type: none"><li>- diteliti detail kolom (STR 21 sd. 28) ✓</li><li>- detail pelat atap yang di perulangan pelat. → STR 78 ✓</li><li>- jumlah tipe rumah off ✓</li><li>- jumlah berat balok beton ✓</li><li>- balokan pelat di perbatan ✓</li><li>- diteliti detail pratekan ke elemen &amp; detailnya (balok anak &amp; pelat) ✓</li></ul>	 Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	- NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 DHIKA KURNIA R.A. 2  
NRP : 1 10111910000058 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : RIDHO BAYU AJI, ST, MT, PH.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	5 Des 2017	- Mencari jurnal / literatur untuk mendukung tugas akhir				
2.	15 Des 2017	- Perbanyak literatur, minimal 10 - Cari contoh gedung yang nyata		B	C	K
3.	19 Des 2017	- Setelah mendapat banyak literatur, buat perencanaan yang optimum.				
4	8 Jan 2018	- Gambar Denah dipermondok ukurang - Modifikasi balok pratekan → 2 lantai - Perbaiki abstrak & latar belakang. - Tinjauan pustaka → dasar teori yg mendukung		B	C	K
		- Membuat logbook		B	C	K
5	16 Jan 2018	- Perbaiki powerpoint untuk presentasi proposal				
6.	19 Feb 2018	- Fokus kerjakan tentang balok pratekan - Pikirkan perencanaan metode pelaksanaan - Rebal file Hfy balok pratekan di Qadug		B	C	K

Ket. :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.dipomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 DHIKA KUPANA R.A. 2  
NRP : 1 101191 00 00058 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : RIDHO BAYU ASI, ST., MT., Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7.	27 Feb 2018	-Pelajari lagi tentang sambungan balok pratekan monolit				
8.	6 Maret 2018	-Cari video metode pelaksanaan pratekan di gedung - gambar elemen yg sudah dibay		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	22-03-2018	- Lanjutkan perhitungan dan segera gambar - gambar menjelaskan apa yg dikehing		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	3-4-2018	- Pengaruh stressing akibat pratekan terhadap kolom - Gambar lebih didetailkan • Belajar beberapa lapangan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	13-4-2018	- Buat daftar isi gambar - Susunan gambar diperjelas - Segera dapatkan video referensi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	16-5-2018	- Gambar harus lengkap - Daftar isi harus jelas - Detail hubungan kolom - balok pratekan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 DHIKA KURNIA P.-A. 2  
NRP : 1 1011910000058 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
13	30-05-2018	- Perbaiki gambar - Tunjukkan / jelaskan cara menentukan banyak tendon yg diungkitkan pada balok prestekan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Metode pekerjaan				
14.	5-06-2018	- Print draft TA - Perbaiki paper		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	6-06-2018	- Perbaiki Laporan Tugas Akhir - Rumusan masalah, Tinjauan Pustaka, Metodologi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	-06-2018	- Perbaiki gambar, agar bisa diunduh dibaca esan - Perbaiki gambar pelat & tumpu, lebih detail, notasi diperjelas - Setup gambar, diberi pendetailan terlebih dahulu.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Tertambat dari jadwal



*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

# **DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR HALL PADA HOTEL DI SURABAYA DENGAN ELEMEN BALOK PRATEGANG**

**Nama Mahasiswa** : Dhika Kurnia Ryanta Adha  
**NRP** : 3114041058  
**Departmen** : D-IV Teknik Infrastruktur Sipil  
**Dosen Pembimbing** : Ridho Bayu Aji, ST, MT.,Ph.D

## **ABSTRAK**

*Pada perencanaan Tugas Akhir Terapan ini, gedung yang digunakan sebagai referensi adalah gedung hotel yang terletak di Surabaya, Jawa Timur. Gedung ini mempunyai 10 lantai terdiri dengan tinggi total bangunan  $\pm$  35 meter. Gedung ini direncanakan akan dimodifikasi dengan mengubah fungsi lantai 9 menjadi hall dengan menghilangkan kolom interior pada ruang yang akan dijadikan hall. Penggunaan balok prategang ini mempertimbangkan ukuran dimensi balok jika menggunakan balok beton konvensional akan menjadi lebih besar. Metode penarikan pada beton prategang menggunakan metode post-tensioned (pasca tarik). Pada perhitungan struktur ini dirancang dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana sistem ini dirancang untuk daerah rawan gempa sesuai SNI 1726-2012 dan pembebanan sesuai peraturan SNI 1727-2013. Sedangkan untuk perencanaan beton berdasarkan pada peraturan SNI 2847-2013.*

**Kata Kunci** : Hall, Beton Prategang, SRPMK

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

# **HALL STRUCTURE MODIFICATION DESIGN OF HOTEL IN SURABAYA WITH PRESTRESSED BEAM ELEMENT**

**Name of Student : Dhika Kurnia Ryanta Adha**  
**NRP : 3114041058**  
**Department : D-IV Teknik Infrastruktur Sipil**  
**Academic Supervisor : Ridho Bayu Aji, ST, MT.,Ph.D**

## **ABSTRACT**

*In this final task,, the building used as a reference is a hotel building located in Surabaya, East Java. This building has 10 floors consisting of a total building height of  $\pm 35$  meters. This building is planned to be modified by changing the function of floor 10<sup>th</sup> into hall. Modification is done by removing the interior column on the space that will be used as the hall. Then use a 13 meters prestressed beam because if using conventional concrete beams the dimension will become large than usualr. The stressing method on this prestress concrete using post tension method. The calculation of this structure is designed by using the Special Moment Frame System (SRPMK) where the system is designed for earthquake prone areas in accordance with SNI 1726-2012 and loads regulations of SNI 1727-2013. While for concrete planning based on the regulation of SNI 2847-2013.*

**Keyword : Hall, Prestressed Concrete, SRPMK**

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat, kasih dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Desain Modifikasi Struktur Hall pada Hotel di Surabaya dengan Elemen Balok Prategang” ini dengan baik dan tepat waktu. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam bidang ketekniksipilan. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi atas terselesainya laporan Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Kedua orangtua, yang selalu memberikan motivasi, yang selalu mengingatkan kesehatan lebih penting dari apapun dan selalu mendukung saya dalam hal apapun.
2. Bapak Ridho Bayu Aji, ST, MT.,Ph.D sebagai dosen konsultasi yang telah memberikan banyak arahan dan ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Bapak dan Ibu Dosen dan Karyawan Departmen Infrastruktur Sipil ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.
4. Keluarga Besar Angkatan 2014 yang selalu membantu dan memberi motivasi untuk lulus bersama.
5. Teman – teman Madiun yang selalu membawa keceriaan dan semangat

Surabaya, 27 Juli 2018

Penulis

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Umum .....	5
2.2 Peraturan dan Literatur .....	5
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....	6
2.3.1 Persyaratan Komponen Struktur Lentur SRPMK ...	7
2.3.2 Persyaratan Komponen Struktur Lentur SRPMK yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial .....	9



2.3.3 Persyaratan Hubungan Balok-Kolom SRPMK ....	13
2.4 Prinsip Dasar Beton Prategang .....	15
2.4.1 Sistem Prategang untuk Mengubah Beton Menjadi Bahan yang Elastis .....	15
2.4.2 Sistem Prategang untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton .....	18
2.4.3 Sistem Prategang untuk Mencapai Pertimbangan Beban .....	19
2.5 Sistem Beton Prategang.....	20
2.5.1 Beton Prategang metode Pratarik .....	20
2.5.2 Beton Prategang metode Paskatarik .....	21
2.6 Tahap Pembebanan.....	22
2.6.1 Tahap Transfer.....	23
2.6.2 Tahap Servis .....	23
2.7 Kehilangan Gaya Prategang Langsung.....	23
2.7.1 Perpendekan Elastis Beton .....	23
2.7.2 Kehilangan Akibat Friksi.....	23
2.7.3 Kehilangan Akibat Pengangkuran .....	24
2.7.4 Kehilangan Akibat Kekangan Kolom.....	24
2.8 Kehilangan Gaya Prategang Tergantung Waktu .....	25
2.8.1 Kehilangan Akibat Rangkak ( <i>Creep</i> ) .....	25
2.8.2 Kehilangan Akibat Susut .....	25
2.8.3 Kehilangan Akibat Relaksasi Baja Prategang .....	25

2.9 Momen Retak .....	25
2.10 Momen Nominal .....	25
2.11 Kontrol Lendutan .....	26
2.11.1 Lendutan Akibat Eksentrisitas Tepi Balok.....	26
2.11.2 Lendutan Akibat Tekanan Tendon Prategang ....	26
2.11.3 Lendutan Akibat Beban Sendiri Balok.....	26
2.11.4 Lendutan Akibat Beban Mati Dan Hidup.....	26
2.12 Daerah Limit Kabel.....	27
2.13 Material Beton Prategang.....	27
2.13.1 Beton .....	27
2.13.2 Tendon baja.....	28
2.13.3 Angkur.....	28
2.14 Sistem Hubungan Balok Kolom.....	29
2.14.1 Sistem monolit.....	29
2.14.2 Sistem konsol pendek.....	29
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>31</b>
3.1 Umum.....	31
3.2 Pengumpulan Data .....	32
3.3 Studi Literatur .....	33
3.4 Preliminary Design.....	34
3.4.1 Perencanaan Dimensi Pelat .....	34
3.4.2 Perencanaan Dimensi Tangga .....	35

3.4.3 Perencanaan Dimensi Balok Anak .....	36
3.4.4 Perencanaan Dimensi Balok Induk.....	36
3.4.5 Perencanaan Dimensi Kolom .....	36
3.5 Pembebanan.....	37
3.5.1 Beban Statis .....	37
3.5.2 Beban Dinamis .....	38
3.5.3 Kombinasi Pembebanan .....	43
3.6 Analisa Struktur.....	44
3.7 Perencanaan Struktur Sekunder.....	44
3.7.1 PerencanaanTangga .....	44
3.7.2 Perencanaan Pelat .....	44
3.7.3 Perencanaan Balok Anak.....	45
3.8 Perhitungan Struktur Primer Non Prategang .....	46
3.8.1 Perencanaan Balok Induk .....	46
3.8.2 Perencanaan Kolom.....	48
3.9 Perhitungan Struktur Prategang.....	51
3.9.1 Gaya Prategang Awal .....	51
3.9.2 Pemilihan Tendon Baja Prategang .....	52
3.9.3 Kehilangan Prategang.....	53
3.9.4 Kontrol Momen Nominal .....	59
3.9.5 Kontrol Kuat Batas Beton Prategang.....	59
3.9.6 Kontrol Momen Retak .....	60

3.9.7 Kontrol Lentur.....	60
3.9.8 Kontrol Geser .....	61
3.9.9 Kontrol Lendutan .....	63
3.9.10 Pengangkuran.....	65
3.10 Sistem Hubungan Balok Kolom.....	66
3.11 Metode Pelaksanaan Beton Prategang dengan Sistem Monolit .....	66
3.12 Gambar .....	67
3.13 Kesimpulan .....	67
<b>BAB IV PRELIMINARY DESIGN .....</b>	<b>69</b>
4.1 Umum.....	69
4.2 Data Perencanaan .....	69
4.3 Perencanaan Dimensi Balok.....	69
4.3.1 Balok Induk B1 (7m).....	70
4.3.2 Balok Induk B2 (5m).....	70
4.3.3 Balok Induk B3 (3,5m).....	71
4.3.4 Balok Induk B4 (4,5m).....	72
4.3.5 Balok Induk B5 (4m).....	72
4.3.6 Balok Anak BA (4,5m) .....	73
4.4 Perencanaan Tebal Pelat.....	74
4.5 Perencanaan Dimensi Kolom .....	83
<b>BAB V PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR .....</b>	<b>89</b>
5.1 Umum.....	89

5.2	Pembebanan Gravitasi .....	89
5.3	Pembebanan Gempa Dinamis.....	90
5.3.1	Faktor Keutamaan Gempa .....	90
5.3.2	Kelas Situs .....	90
5.3.3	Parameter Respon Spektral.....	91
5.3.4	Parameter Percepatan Spektral Desain .....	92
5.3.5	Kategori Desain Seismik .....	93
5.3.6	Respon Spektrum Desain.....	93
5.4	Analisa Permodelan.....	96
5.4.1	Permodelan Struktur.....	96
5.4.2	Kontrol Gaya Gempa Dasar .....	97
5.4.3	Kontrol Periode Fundamental Struktur.....	99
5.4.4	Kontrol Simpangan Antar Struktur.....	100
<b>BAB VI PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER .....</b>		<b>103</b>
6.1	Umum .....	103
6.2	Perencanaan Pelat.....	103
6.2.1	Data Perencanaan .....	103
6.2.2	Pembebanan Pelat.....	104
6.2.3	Perhitungan Penulangan Pelat .....	105
6.2.4	Rekapitulasi Penulangan Pelat.....	114
6.3	Perencanaan Balok Anak.....	114
6.3.1	Data Perencanaan .....	115

6.3.2 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Longitudinal .....	116
6.3.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal	122
6.4 Perencanaan Balok Lift .....	123
6.4.1 Data Perencanaan .....	123
6.4.2 Pembebanan .....	125
6.4.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Longitudinal .....	127
6.4.4 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal	129
6.5 Perencanaan Tangga.....	130
6.5.1 Data Perencanaan .....	131
6.5.2 Pembebanan .....	133
6.5.3 Perhitungan Reaksi Gaya Dalam.....	134
6.5.4 Perhitungan Penulangan Tangga.....	138
6.5.5 Perhitungan Penulangan Bordes.....	141
6.6 Perencanaan Balok Bordes.....	145
6.6.1 Data Perencanaan .....	145
6.6.2 Pembebanan .....	145
6.6.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Longitudinal .....	146
6.6.4 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal	148
<b>BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER.....</b>	<b>151</b>
7.1 Umum.....	151

7.2 Perencanaan Balok Induk .....	151
7.2.1 Data Perencanaan .....	152
7.2.2 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa .....	152
7.2.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Longitudinal .....	153
7.2.4 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal	162
7.2.5 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Torsi .....	168
7.2.6 Panjang Penyaluran .....	172
7.2.7 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk.....	173
7.3 Perencanaan Kolom.....	174
7.3.1 Data Perencanaan .....	174
7.3.2 Kontrol Dimensi Kolom .....	174
7.3.3 Tulangan Longitudinal .....	175
7.3.4 Persyaratan <i>Strong Column-Weak Beam</i> .....	176
7.3.5 Desain Tulangan <i>Confinement</i> .....	177
7.3.6 Desain Tulangan Geser.....	179
7.3.7 Kebutuhan Sambungan Lewatan .....	181
7.4 Hubungan Balok – Kolom.....	182
7.4.1 Persyaratan HBK .....	182
7.4.2 Luas Efektif Joint.....	182
7.4.3 Tulangan Transversal untuk <i>Confinement</i> .....	183
7.4.4 Gaya Geser pada Joint .....	183

<b>BAB VIII PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA BETON PRATEGANG.....</b>	<b>185</b>
8.1 Umum.....	185
8.2 Data Perencanaan .....	185
8.3 Dimensi Penampang.....	186
8.4 Tegangan Ijin Beton.....	187
8.5 Gaya Awal Prategang.....	188
8.6 Daerah Limit .....	193
8.7 Kontrol Tegangan.....	195
8.8 Penentuan Tendon Yang Digunakan.....	199
8.9 Kehilangan Gaya Prategang .....	201
8.9.1 Kehilangan Prategang Langsung.....	201
8.9.2 Kehilangan Prategang Tergantung Waktu .....	205
8.10 Kontrol Gaya Prategang Setelah Kehilangan.....	209
8.11 Penulangan Lentur.....	211
8.11.1 Daerah Tumpuan .....	211
8.11.2 Daerah Lapangan.....	214
8.12 Penulangan Geser.....	218
8.12.1 Perhitungan Gaya Geser.....	219
8.12.2 Perhitungan Penulangan Geser.....	222
8.13 Posisi Tendon .....	224
8.14 Kontrol Akibat Stressing.....	225
8.15 Kontrol Lentutan .....	228



8.15.1 Lendutan Ijin .....	228
8.15.2 Lendutan Saat Beban Bekerja.....	228
8.15.3 Kontrol.....	229
8.16 Kontrol Momen Nominal .....	229
8.16.1 Momen Nominal Oleh Tendon Prategang .....	229
8.16.2 Momen Nominal Oleh Tulangan Lunak.....	231
8.16.3 Momen Nominal Total .....	232
8.17 Kontrol Momen Retak.....	233
8.18 Pengangkuran Ujung .....	235
<b>BAB IX METODE PELAKSANAAN BETON</b>	
<b>PRATEGANG.....</b>	<b>239</b>
9.1 Umum.....	239
9.2 Pengadaan Material dan Peralatan Stressing .....	240
9.2.1 Strand 0,5” .....	240
9.2.2 Duct .....	240
9.2.3 Angkur.....	241
9.3 Pekerjaan Instalasi.....	241
9.3.1 Instalasi Formwork.....	241
9.3.2 Instalasi Pembesian.....	242
9.3.3 Instalasi Duct dan Strand.....	243
9.3.4 Pengecoran .....	246
9.3.5 Stressing .....	246
<b>BAB X KESIMPULAN .....</b>	<b>249</b>

10.1 Kesimpulan .....	249
10.2 Saran.....	250
DAFTAR PUSTAKA .....	251
LAMPIRAN.....	253

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Distribusi Tegangan Penampang Konsentrik ....	16
Gambar 2. 2 Distribusi Tegangan Penampang Eksentrik.....	17
Gambar 2. 3 Momen Penahan Internal Pada Balok Beton.....	18
Gambar 2. 4 Balok Beton Mutu Tinggi.....	18
Gambar 2. 5 Tahap Pengerjaan Metode Pratarik .....	20
Gambar 2. 6 Tahap Pengerjaan Metode Pasca Tarik .....	21
Gambar 2. 7 Sudut Pusat Tendon.....	24
Gambar 2. 8 Daerah Limit Kabel.....	27
Gambar 2. 9 Angkur Hidup dan Angkur Mati .....	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir .....	31
Gambar 3. 2 S1, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ ) .....	40
Gambar 3. 3 Ss, Gempa Minimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ ) .....	40
Gambar 4. 1 Posisi Pelat yang Ditinjau.....	74
Gambar 4. 2 Potongan Penampang Balok B1 .....	76
Gambar 4. 3 Potongan Penampang Balok B4 .....	78
Gambar 4. 4 Potongan Penampang Balok BA .....	79
Gambar 4. 5 Potongan Penampang Balok B1 .....	81
Gambar 4. 6 Posisi Kolom yang Ditinjau .....	83
Gambar 5. 1 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan.....	91
Gambar 5. 2 Respon Spektrum .....	96
Gambar 5. 3 Permodelan Struktur dengan Program SAP .....	96

Gambar 6. 1 Posisi Pelat yang Ditinjau .....	105
Gambar 6. 2 Potongan Penampang Pelat.....	106
Gambar 6. 3 Posisi Balok Anak yang Ditinjau.....	115
Gambar 6. 4 Momen Tumpuan Balok Anak .....	116
Gambar 6. 5 Momen Lapangan Balok Anak .....	116
Gambar 6. 6 Gaya Geser Balok Anak .....	122
Gambar 6. 7 Dimensi Lift.....	124
Gambar 6. 8 Permodelan Gaya pada Balok Lift.....	125
Gambar 6. 9 Denah Tangga.....	130
Gambar 6. 10 Tampak Samping dan Atas Tangga.....	131
Gambar 7. 1 Posisi Balok Induk yang Ditinjau .....	151
Gambar 7. 2 Gaya Aksial Balok Induk.....	152
Gambar 7. 3 Gaya Geser Balok Induk.....	163
Gambar 7. 4 Momen Torsi Balok Induk.....	168
Gambar 7. 5 Panjang Penyaluran Balok Induk.....	172
Gambar 7. 6 Potongan Penampang Kolom .....	175
Gambar 7. 7 Hubungan Balok – Kolom.....	182
Gambar 8. 1 Penampang Balok Prategang .....	186
Gambar 8. 2 Momen Balok Prategang Saat Transfer .....	190
Gambar 8. 3 Momen Balok Prategang saat Servis .....	191
Gambar 8. 4 Daerah Limit Kabel .....	193
Gambar 8. 5 Diagram Tegangan pada Tumpuan saat Transfer.....	196
Gambar 8. 6 Diagram Tegangan Tengah Bentang saat Transfer.....	197
Gambar 8. 7 Diagram Tegangan pada Tumpuan Saat Servis .....	198

Gambar 8. 8 Diagram Tegangan pada Tengah Bentang Saat Servis.....	199
Gambar 8. 9 Momen pada Kolom.....	204
Gambar 8. 10 Momen Tumpuan akibat Gempa Maksimal.....	21211
Gambar 8. 11 Momen Lapangan Akibat Gempa Maksimal.....	2165
Gambar 8. 12 Gaya Geser Balok Prategang.....	2198
Gambar 8. 13 Posisi Tendon .....	2243
Gambar 8. 14 Lendutan Balok Prategang .....	2298
Gambar 9. 1 Letak Balok Prategang .....	2397
Gambar 9. 2 Duct / Selongsong .....	2408
Gambar 9. 3 Dead End Anchorage VSL P 5-12.....	2419
Gambar 9. 4 Live End Anchorage VSL Sc 5-12.....	2419
Gambar 9. 5 Penentuan Ordinat Tendon.....	24442
Gambar 9. 6 Penyambungan Duct.....	24442
Gambar 9. 7 Pemasangan Angkus Hidup Sc.....	24543
Gambar 9. 8 Pemotongan Tendon .....	2486
Gambar 9. 9 Pemasangan Anchor Block dan Wedges .....	2486

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tebal Minimum h.....	34
Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa.....	38
Tabel 3. 3 Kategori Risiko .....	39
Tabel 3. 4 Klasifikasi Situs .....	39
Tabel 3. 5 Koefisien Situs Fv .....	41
Tabel 3. 6 Koefisien Situs Fa .....	41
Tabel 3. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	42
Tabel 3. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	42
Tabel 3. 9 Koefisien Friksi dan Wobble Effect.....	55
Tabel 3. 10 Koefisien Susut Beton Pasca Tarik .....	57
Tabel 3. 11 Nilai Kre dan J .....	58
Tabel 3. 12 Nilai C .....	58
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok.....	74
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Beban Mati (DL) dan Beban Hidup (LL) Total.....	84
Tabel 5. 1 Kategori Desain Seismik berdasarkan Nilai $S_{DS}$ ...	93
Tabel 5. 2 Kategori Desain Seismik berdasarkan Nilai $S_{D1}$ .....	93
Tabel 5. 3 Respon Spektrum .....	94
Tabel 5. 4 Beban Total .....	98
Tabel 5. 5 Beban Gempa X dan Gempa Y .....	98
Tabel 5. 6 Nilai $C_t$ dan $\alpha$ .....	99
Tabel 5. 7 Nilai $C_u$ .....	99
Tabel 5. 8 Simpangan Antar Lantai Ijin .....	101



Tabel 5. 9 Simpangan Antar Lantai Gempa X .....	101
Tabel 5. 10 Simpangan Antar Lantai Gempa Y .....	102
Tabel 6. 1 Beban Mati dan Beban Hidup Pelat .....	104
Tabel 6. 2 Rekapitulasi Penulangan Pelat .....	114
Tabel 7. 1 Rekapitulasi Momen Maksimal Balok Induk .....	153
Tabel 7. 2 Gaya Geser di Muka Kolom Interior Kiri dan Kanan.....	164
Tabel 7. 3 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk.....	173
Tabel 8. 1 Rekapitulasi Kehilangan Pratekan.....	2098
Tabel 8. 2 Koordinat Posisi Tendon .....	2254
Tabel 9. 1 Spesifikasi Strand .....	2408

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pemakaian struktur beton prategang sudah berkembang dengan pesat dan banyak diterapkan pada prasarana transportasi berupa jembatan dan jalan layang. Di sisi lain kebutuhan gedung akan ruang yang luas semakin meningkat pula karena mempunyai nilai investasi dan fungsi yang baik seperti *hall*, ruang pertemuan atau ruang serbaguna. Oleh karena itu, teknologi beton prategang mulai diterapkan pada struktur gedung bertingkat seperti hotel, apartemen, dan gedung lainnya.

Pada gedung ini akan dilakukan perubahan fungsi lantai yang merupakan lantai unit hotel menjadi *hall* untuk menambah nilai investasi dan fungsi hotel. Ruang *hall* seperti ini pastinya membutuhkan ukuran yang lebih luas dari ruangan yang lain sehingga diperlukan adanya kolom di tengah sebagai penyangga balok. Namun dengan adanya kolom akan mengurangi fungsi ruangan. Sehingga dibutuhkan balok dengan bentang yang panjang untuk menghindari penggunaan kolom. Disisi lain, balok beton bertulang kurang cocok pada pembangunan ruang yang cukup luas seperti *hall* karena akan menimbulkan defleksi yang cukup besar pada bentang balok yang panjang. Hal ini akan menyebabkan balok membutuhkan dimensi yang lebih besar dari balok pada umumnya.

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan penggunaan beton prategang pada elemen balok tersebut. Beton prategang adalah kombinasi beton berkekuatan tinggi dan baja mutu tinggi dengan menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, sehingga beton dibuat dalam keadaan tertekan. Desain beton prategang lebih cocok untuk struktur-struktur dengan

bentang panjang dan memikul beban berat, terutama disebabkan oleh pemakaian bahan dengan mutu tinggi (*T.Y.Lin - H. Burns, 1996*). Dimensi balok prategang dapat lebih ramping meskipun memiliki bentang yang panjang. Struktur beton prategang menghasilkan lebih banyak ruang bebas di mana itu dibutuhkan (*T.Y.Lin - H. Burns, 1996*). Maka dari itu, penggunaan beton prategang cocok untuk memenuhi kebutuhan akan ruang bebas yang luas seperti *hall*.

Disamping segala kelebihan yang dimiliki beton prategang, terdapat beberapa kekurangan yang harus diperhatikan. Komponen – komponen struktur beton prategang lebih memerlukan kecermatan dalam desain dan konstruksi daripada beton biasa. Lebih banyak bahan atau alat bantu seperti angkur ujung, selubung, mesin jacking dan bekisting yang lebih rumit. Selain itu juga dibutuhkan jumlah tenaga kerja yang lebih banyak dan lebih profesional.

Untuk keamanan pada beban gempa, gedung ini direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan panduan peraturan perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung SNI 2847:2013 tentang perhitungan beton untuk bangunan gedung, perencanaan ketahanan gempa SNI 1726:2012 dan beban minimum gedung SNI 1727:2013. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah desain struktur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi) untuk mengantisipasi kegagalan bangunan akibat gempa. Struktur SRPMK diharapkan dapat menerima beban gempa rencana.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun beberapa permasalahan yang ditinjau dalam tugas akhir Desain Modifikasi Struktur Hall pada Hotel di Surabaya dengan Elemen Balok Prategang, yaitu :

1. Bagaimana perencanaan balok prategang pada struktur gedung ?
2. Bagaimana perencanaan struktur gedung sesuai dengan SRPMK ?
3. Bagaimana pengaruh balok prategang terhadap struktur di sekitarnya ?
4. Bagaimana metode pelaksanaan balok prategang pada gedung ?

## **1.3 Tujuan**

Adapun beberapa tujuan dari pembuatan tugas akhir Desain Modifikasi Struktur Hall pada Hotel di Surabaya dengan Elemen Balok Prategang, yaitu :

1. Dapat melakukan perencanaan balok prategang pada struktur gedung.
2. Dapat melakukan perencanaan struktur gedung sesuai dengan SRPMK.
3. Mengetahui pengaruh balok prategang terhadap struktur di sekitarnya.
4. Dapat memahami metode pelaksanaan balok prategang pada gedung.

## **1.4 Batasan Masalah**

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, perencanaan struktur dibatasi oleh hal-hal berikut :

1. Tidak meninjau kelayakan struktur dari segi arsitektural.
2. Perancangan tidak termasuk memperhitungkan sistem utilitas bangunan, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi listrik, dsb.

3. Tidak memperhitungkan segi ekonomi maupun segi manajemen konstruksi.
4. Balok yang diprategang adalah balok pada lantai atap.
5. Tidak menghitung struktur bawah atau pondasi.
6. Peraturan yang dipakai yaitu SNI 1726-2002, SNI 2847-2013, SNI 1727-2013 dan SNI 7833-2012

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang bisa didapat dari perancangan tugas akhir ini adalah :

1. Hasil perencanaan ini bisa digunakan sebagai referensi bagi pembaca untuk melakukan modifikasi struktur gedung dengan menggunakan balok prategang paska tarik.
2. Dari perencanaan ini, diharapkan bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan saat melakukan modifikasi pembangunan gedung sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisir

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas beberapa dasar teori yang berhubungan dengan perencanaan modifikasi pada struktur gedung. Pada perencanaan modifikasi struktur ini diperlukan tinjauan khusus terhadap perencanaan struktur menggunakan beton prategang. Sistem perancangan struktur yang akan dipakai dalam modifikasi ini adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pada gedung hotel ini akan dilakukan perubahan fungsi dari ruang unit menjadi *hall*, sehingga membutuhkan ruangan yang luas tanpa adanya kolom di tengah bentang. Maka *hall* ini akan dirancang menggunakan beton prategang. Secara keseluruhan, bab ini akan membahas mengenai teori yang akan digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini berdasarkan acuan penelitian dari para ahli.

#### **2.2 Peraturan dan Literatur**

Desain ini dilakukan sesuai dengan peraturan perancangan dan literatur berikut :

1. SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung
4. SNI 7833-2012 Tata cara perancangan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung
5. Beton Prategang Edisi Ketiga (T.Y.Lin – H. Burns, 1996)
6. Beton Prategang Edisi Ketiga (E.G. Nawi, 2001)

7. Perencanaan Lanjut Struktur Beton (Iswandi Imran & Fajar Hendrik, 2014)

### **2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus**

Sistem Rangka Pemikul Momen merupakan struktur portal open frame yang terdiri dari kolom dan balok yang digabungkan dengan sambungan tahan momen. Kekakuan lateral dari portal cenderung tergantung dari kekakuan lentur dari kolom, balok, dan sambungannya.

Sistem struktur yang digunakan harus memperhatikan faktor daya tahan terhadap gempa sesuai dengan SNI 1726:2012. Pembagian sistem struktur menurut sifat tanah pada situs dibagi sebagai berikut:

1. Situs SA dan SB (Resiko Gempa Rendah).

Desain menggunakan SRPMB atau Sistem rangka pemikul momen biasa dan dinding struktur dengan beton biasa.

2. Situs SC dan SD (Resiko Gempa Sedang).

Desain menggunakan SRPMM atau Sistem rangka pemikul momen menengah dan dinding struktur biasa (SDSB) dengan beton tanpa detailing khusus.

3. Situs SE dan SF (Resiko Gempa Tinggi).

Desain menggunakan SRPMK atau Sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem dinding struktur dengan beton khusus (SDSK) dan beton khusus

Pada modifikasi pada proposal tugas akhir ini sesuai dengan data tanah, maka digunakan sistem struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus ( SRPMK).

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus adalah suatu sistem rangka dimana komponen struktur dan jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Dalam perencanaan struktur bangunan gedung dengan menggunakan Sistem Rangka Struktur Momen Khusus ( SRPMK ) menggunakan persyaratan sesuai dengan SNI-2847-

2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung pasal 21.5.

### 2.3.1 Persyaratan Detailing Komponen Struktur Lentur SRPMK

#### 2.2.6.1 Persyaratan gaya dan geometri

Komponen struktur lentur didefinisikan sebagai komponen struktur di mana gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada penampangnya tidak boleh melebihi  $0,1A_g f_c'$ , dengan  $A_g$  adalah luas penampang.

Secara geometri, ada beberapa persyaratan yaitu :

1. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.

$$\frac{ln}{d} \geq 4$$

2. Perbandingan lebar terhadap tinggi komponen struktur tidak boleh kurang dari 0,3

$$\frac{b}{h} \leq 0,3$$

3. Lebar penampang haruslah ;

- a.  $b \leq 250mm$

- b. Tidak boleh kurang dari lebar kolom ditambah jarak pada tiap sisi kolom yang tidak melebihi  $\frac{3}{4}$  tinggi komponen

$$b \leq c + 2 \left( \frac{3}{4} h \right)$$

#### 2.2.6.2 Persyaratan tulangan lentur

Ada beberapa persyaratan tulangan lentur yaitu :

1. Masing-masing luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang disyaratkan yaitu :

$$\frac{0,25 bw d \sqrt{f_c}}{f_y} \text{ atau } \frac{1,4 bw d}{f_y}$$



2. Rasio tulangan lentur maksimum ( $\rho_{maks}$ ) tidak boleh lebih dari 0,025
3. Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar atau sama dengan setengah kuat lentur negatifnya.
 
$$Mn^+ \geq \frac{1}{2} Mn^-$$
4.  $Mn^+$  atau  $Mn^-$  di setiap penampang  $\geq 1/4$  ( $Mn$  maksimum di masing-masing join).
5. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan di sepanjang sambungan. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada :
  - a. Daerah HBK
  - b. Daerah hingga jarak  $2h$  dari muka kolom
  - c. Lokasi yang memungkinkan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan inelastis struktur bangunan.

#### 2.2.6.3 Persyaratan tulangan transversal

Ada beberapa persyaratan tulangan transversal yaitu :

1. Sengkang tertutup harus dipasang :
  - a. Pada daerah hingga  $2h$  balok diukur dari muka tumpuan
  - b. Di sepanjang daerah  $2h$  balok pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis
2. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak boleh melebihi dari 50mm dari muka tumpuan. Spasi sengkang tidak boleh melebihi :
  - a.  $d/4$
  - b.  $6db$  tulangan longitudinal
  - c. 150 mm

#### 2.2.6.4 Persyaratan kuat geser

Gaya geser desain  $V_e$  untuk perencanaan geser bagi komponen struktur SRPMK harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada komponen struktur antara dua muka tumpuan, yaitu :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_u}{2}$$

Dimana

$V_e$  = gaya geser ultimate balok akibat gempa

$M_{pr1}$  = probable moment di perletakan 1 akibat goyangan ke kiri / kanan

$M_{pr2}$  = probable moment di perletakan 2 akibat goyangan ke kiri / kanan

$W_u$  = pengaruh beban gravitasi (1,2D + 1,0L)

$l_n$  = panjang bentang bersih balok

### 2.3.2 Persyaratan Detailing Komponen Struktur Lentur SRPMK yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial

#### 2.2.6.1 Persyaratan gaya dan geometri

Besarnya beban aksial yang bekerja pada komponen struktur kolom dibatasi tidak kurang dari  $0,1A_g f_c$ . Beberapa persyaratan geometri juga harus dipenuhi sebagai berikut :

1. Ukuran penampang terkecil tidak boleh kurang dari 300 mm.
2. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

#### 2.2.6.2 Perencanaan lentur

Kuat lentur kolom SRPMK harus memenuhi ketentuan *strong column-weak beam* sebagai berikut :

$$\sum M_e \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_g$$

Dimana,

$\sum M_{nc}$  = jumlah  $M_n$  kolom yang merangka pada hubungan balokkolom.  $M_n$  harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan  $M_n$  terkecil.

$\Sigma M_{nb}$  = jumlah  $M_n$  balok yang merangka pada HBK. Pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan pelat yang berada dalam daerah lebar efektif pelat harus diperhitungkan dalam menentukan momen nominal balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

Untuk perhitungan  $M_n$  pada konstruksi balok-T yang merangka pada hubungan balok kolom, lebar efektif pelat dapat diambil sesuai SNI 2847-2013 pasal 8.12. Lebar efektif pelat pada konstruksi balok-T tidak boleh lebih dari  $\frac{1}{4}$  panjang bentang balok dan tidak boleh melebihi :

1.  $8x$  tebal plat
2.  $\frac{1}{2}$  jarak bersih antara balok yang bersebelahan

Untuk balok tepi, lebar efektif sayap dari sisi badan tidak boleh melebihi :

1.  $\frac{1}{12}$  bentang balok
2.  $6x$  tebal pelat
3.  $\frac{1}{2}$  jarak bersih antara balok yang bersebelahan.

### **2.2.6.3 Persyaratan tulangan lentur**

Berdasarkan SNI 2847:2013, tulangan lentur kolom harus memenuhi persyaratan berikut :

1. Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang dari 0,01 dan maksimum tidak boleh melebihi 0,06.
2. Sambungan mekanis tipe 1 tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis, kecuali sambungan mekanis tipe 2.
3. Sambungan las tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis.
4. Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada di tengah.

### 2.2.6.4 Persyaratan tulangan transversal

Tulangan transversal pada kolom dapat berupa spiral atau tulangan sengkang tertutup dan berfungsi untuk mengekang daerah inti kolom. Jumlah tulangan spiral atau tulangan sengkang tertutup yang dipasang di daerah tertentu kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Rasio volumetrik tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,12 \frac{f_c'}{f_y}$$

$$\rho_s^* = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_y}$$

2. Luas total penampang sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang dari :

- a. Untuk penampang yang arah normalnya searah sumbu x

$$A_{shx}^* = 0,3 \left( sb_{cx} \frac{f_c}{f_y} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right), \text{ dan}$$

$$A_{shx} = 0,09 \left( sb_{cx} \frac{f_c}{f_y} \right)$$

- b. Untuk penampang yang arah normalnya searah sumbu x

$$A_{shy}^* = 0,3 \left( sb_{cy} \frac{f_c}{f_y} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right), \text{ dan}$$

$$A_{shy} = 0,09 \left( sb_{cy} \frac{f_c}{f_y} \right)$$

Dengan:

Ashx = Luas penampang total tulangan transversal dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi bcx

Ashy = Luas penampang total tulangan transversal dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi bcy

S = Spasi tulangan transversal

bcx = Dimensi penampang inti kolom yang arah normalnya sejajar sumbu x, diukur dari sumbu ke sumbu tulangan transversal terluar

bcy = Dimensi penampang inti kolom yang arah normalnya sejajar sumbu y, diukur dari sumbu ke sumbu tulangan transversal terluar

Ag = Luas bruto penampang kolom

Ach = Luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan sengkang tertutup

Ac = Luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan spiral

Fyt = Kuat leleh tulangan transversal (maksimum 700 Mpa)  
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3, spasi tulangan transversal yang dipasang di sepanjang daerah yang berpotensi membentuk sendi plastis (diujung-ujung kolom) tidak boleh lebih dari :

1.  $\frac{1}{4}$  dimensi terkecil struktur
2. 6db tulangan longitudinal

3.  $sx = 100 + \frac{350-hx}{3}$

Dengan ketentuan  $100 \text{ mm} \leq sx \leq 150 \text{ mm}$

Daerah daerah pada kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis yang harus dipasang tulangan transversal dengan luasan dan spasi sesuai ketentuan diatas diatur sebagai berikut:

1. Sepanjang lo dari tiap muka HBK.
2. Sepanjang lo pada kedua sisi dari setiap penampang yang berpotensi membentuk leleh lentur (sendi plastis) akibat deformasi lateral inelastic pada struktur rangka.
3. Sepanjang daerah sambungan lewatan tulangan longitudinal kolom
4. Ke dalam kepala fondasi sejauh minimum 300 mm
5. Panjang lo tidak kurang dari :
  - a. Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok-kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk lentur.
  - b.  $\frac{1}{6}$  bentang bersih struktur kolom
  - c. 450 mm

### 2.2.6.5 Perencanaan geser

Perencanaan tulangan transversal yang dipasang di sepanjang daerah  $l_0$  untuk menahan gaya geser  $V_e$ , harus dilakukan dengan menganggap  $V_c = 0$  bila :

1. Gaya geser akibat beban gempa yang dihitung sesuai  $M_{pr}$  mewakili 50% atau lebih kuat geser perlu maksimum pada bagian di sepanjang  $l_0$ ,
2. Gaya tekan aksial terfaktor termasuk akibat pengaruh gempa tidak melampaui  $0,05 A_g f_c'$

Karena pada gaya aksial terfaktor yang bekerja pada struktur kolom umumnya lebih besar dari  $0,05 A_g f_c'$  maka pada dasarnya ketentuan diatas tidak berlaku. Jadi perencanaan di sepanjang daerah  $l_0$  tetap dapat dilakukan dengan menganggap beton efektif dalam berkontribusi menahan geser.

## 2.3.3 Persyaratan Detailing Hubungan Balok-Kolom SRPMK

### 2.2.6.1 Persyaratan gaya dan geometri

1. Gaya pada tulangan lentur di muka HBK ditentukan berdasarkan tegangan  $1,25f_y$  dengan faktor reduksi 0,8.
2. Untuk beton normal, dimensi kolom pada joint dalam arah parallel tulangan longitudinal balok minimal harus 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar pada balok.
3. Untuk beton ringan dimensinya minimal 26 kali diameter.

### 2.2.6.2 Persyaratan tulangan transversal

1. Tulangan transversal seperti sengkang tertutup yang dipasang pada daerah sendi plastis kolom harus dipasang juga di daerah HBK, kecuali bila hubungan tersebut dikekang oleh komponen-komponen balok yang merangka pada kolom tersebut.
2. Bila ada balok dengan lebar setidaknya  $\frac{3}{4}$  lebar kolom merangka pada keempat sisi HBK maka tulangan transversal harus dipasang di daerah join hanya  $\frac{1}{2}$  dari yang dipasang di daerah sendi plastis kolom. Tulangan

transversal ini harus dipasang mulai dari sisi terbawah balok yang merangka ke hubungan tersebut.

3. Spasi tulangan transversal pada kondisi ini dapat diperbesar menjadi 150mm.

### 2.2.6.3 Kuat Geser

Gaya geser horizontal di HBK dapat dihitung sebagai berikut.

$$Vu = Tb1 + Ts1 + Ts2 + Cb2 - Vcol1$$

Dengan

$$T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s-s1} + A_{s-s2})$$

$$C_{b2} = T_{b2} = A_{s2} \alpha f_y$$

Berdasarkan SNI Beton, persamaan kuat geser HBK dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{jn} = c \sqrt{f_c A_j}$$

Dengan nilai c adalah sebagai berikut :

1. 1,7 untuk HBK yang terkekang pada keempat sisinya
2. 1,25 untuk HBK yang terkekang pada ketiga sisinya atau kedua sisinya yang berlawanan
3. 1,0 untuk HBK dengan kondisi lainnya.

Untuk ukuran batang tulangan D10mm hingga D36mm, panjang penyaluran  $ldh$  untuk batang tulangan Tarik dengan kait standar  $90^\circ$  dalam beton normal tidak boleh diambil lebih kecil dari  $8dbr$  150mm, dan nilai yang ditentukan oleh:

$$ldh = \frac{f_y db}{5,4 \sqrt{f_c}}$$

Bila digunakan tulangan tanpa kait, untk diameter 10mm hingga D36mm, panjang penyaluran Tarik tidak boleh diambil lebih kecil dari:

- a. 2,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan kurang dari 300mm,

- b. 3,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan melebihi 300mm.

## **2.4 Prinsip Dasar Beton Prategang**

Menurut Komisi ACI definisi dari beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal. Pada elemen-elemen beton bertulang, sistem prategang biasanya dilakukan dengan menarik tulangnya. Ada tiga konsep yang berbeda-beda yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang (T.Y.Lin, 1996). Hal ini penting bagi seorang perancang untuk mengerti ketiga konsep tersebut supaya dapat mendesain beton prategang dengan sebaik-baik dan seefisien-efisiennya. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut.

### **2.4.1 Sistem Prategang untuk Mengubah Beton Menjadi Bahan yang Elastis**

Menurut pemikiran Eugene Freyssinet beton prategang pada dasarnya adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan (desakan) terlebih dahulu (prategang) pada bahan tersebut. Beton yang tidak mampu menahan tarikan dan kuat memikul tekanan (umumnya dengan baja mutu tinggi yang ditarik) sedemikian rupa, sehingga beton yang getas dapat memikul beban tarik yang dialami oleh beton.

Akibat gaya tekan yang diberikan, gaya  $F$  yang bekerja akan memberikan tegangan tekan secara merata diseluruh penampang beton sebesar  $F/A$ , dimana  $A$  adalah luas penampang. Jika  $M$  adalah momen eksternal pada penampang akibat beban dan berat sendiri balok, maka tegangan pada setiap titik sepanjang penampang akibat  $M$  adalah



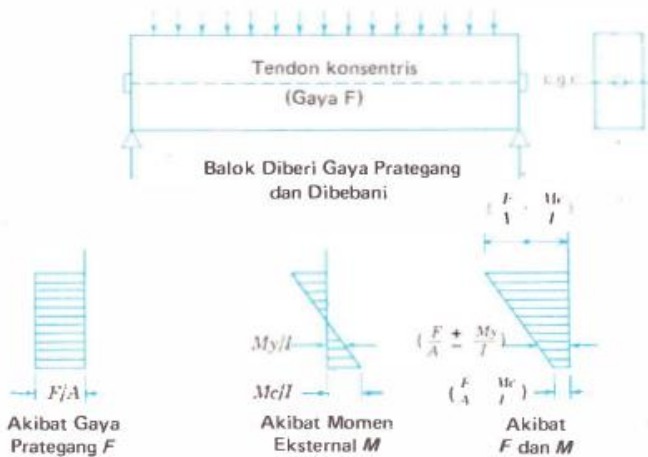
$$f = \frac{M \times y}{I}$$

M = Momen lentur pada penampang yang ditinjau

Y = Jarak garis netral ke serat terluar penampang

I = Momen Inersia penampang

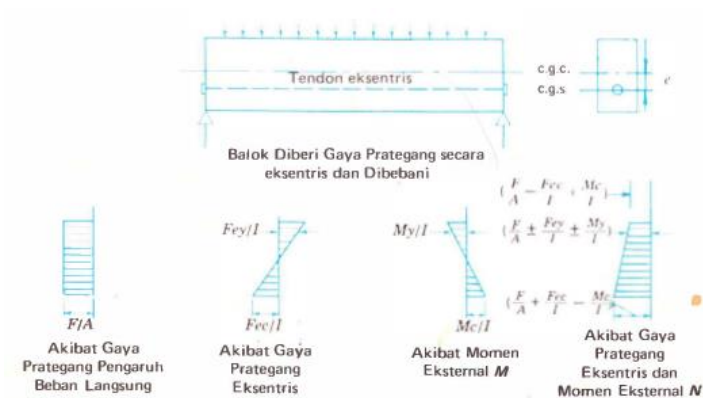
Jika tendon prategang ditempatkan secara konsentris, yaitu tepat pada titik berat penampang beton maka distribusi tegangan yang dihasilkan adalah sebagai berikut.



Gambar 2. 1 Distribusi Tegangan Penampang Konsentrik

Di mana  $y$  adalah jarak dari sumbu yang melalui titik berat dan  $I$  adalah momen inersia penampang. Jadi distribusi tegangan yang dihasilkan adalah

$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{M \times y}{I}$$



Gambar 2. 2 Distribusi Tegangan Penampang Eksentrik

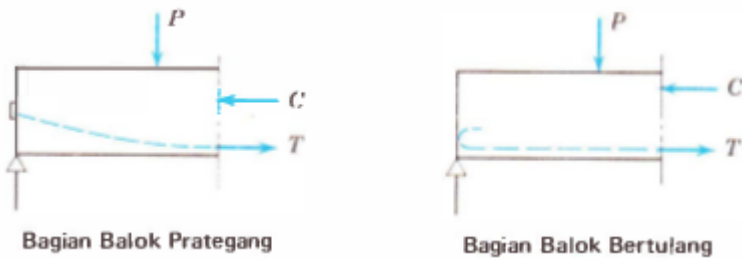
Sedangkan jika tendon ditempatkan secara eksentris terhadap titik berat penampang beton, gaya  $F$  pada beton akan bekerja pada titik berat tendon yang berjarak  $e$  dari c.g.c. Akibat gaya prategang yang eksentris, beton dibebani oleh momen dan beban langsung.

Jika momen yang dihasilkan oleh sistem prategang adalah  $F_e$ , maka distribusi tegangan yang dihasilkan adalah

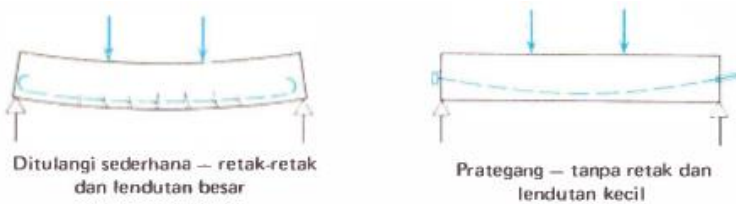
$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{Fey}{I} \pm \frac{M \times y}{I}$$

### 2.4.2 Sistem Prategang untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton

Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang, di mana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal (T.Y.Lin, 1996).



Gambar 2. 3 Momen Penahan Internal Pada Balok Beton



Gambar 2. 4 Balok Beton Mutu Tinggi

Dengan menarik dan menjangkarkan baja ke beton, dihasilkan tegangan dan regangan yang diinginkan pada kedua bahan, tegangan dan regangan tekan pada beton tekan, dan tegangan dan regangan tarik pada baja. Kombinasi ini memungkinkan pemakaian yang aman dan ekonomis dari kedua bahan di mana hal ini tidak dapat dicapai jika baja hanya ditanamkan di dalam beton seperti pada beton bertulang biasa.

### **2.4.3 Sistem Prategang untuk Mencapai Pertimbangan Beban**

Pada keseluruhan desain struktur beton prategang, pengaruh dari prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri sehingga balok yang mengalami lenturan tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan yang terjadi.

Balok beton yang terletak diatas dua perletakan yang diberi gaya prategang (P) dengan lintasan parabola. Beban akibat gaya prategang yang terdistribusi secara merata kearah atas dinyatakan sebagai berikut :

$$Wb = \frac{8 \times F \times h}{L^2}$$

Dimana :

Wb = Beban merata ke arah atas

H = tinggi parabola

L = bentang balok

F = gaya prategang

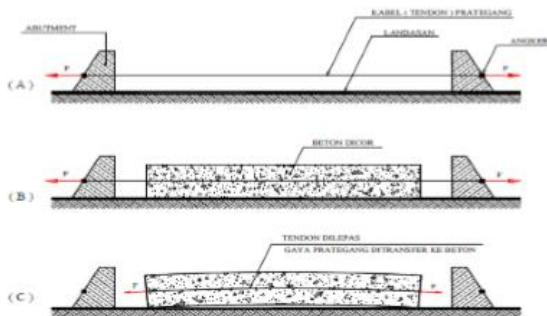
Jadi, beban merata akibat beban diimbangi oleh gaya merata akibat prategang.

## 2.5 Sistem Beton Prategang

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan benar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban eksternal sampai batas tertentu, (Abeles dan Bardhah,1976). Terdapat dua metode beton prategang yaitu beton prategang pratarik (*pretension*) dan paskatarik (*post tension*).

### 2.5.1 Beton Prategang metode Pratarik (*Pretension*)

Beton prategang metode pratarik adalah beton prategang yang dihasilkan dengan memberi tegangan awal pada tendon baja sebelum proses pengecoran.



Gambar 2. 5 Tahap Pengerjaan Metode Pratarik

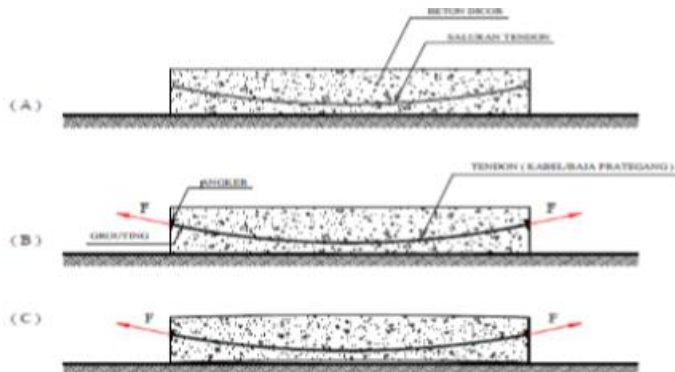
Tahap pengerjaan metode pratarik yaitu sebagai berikut :

1. Tendon prategang ditarik atau diberi gaya prategang lalu diangker (gambar A)
2. Beton dicor pada cetakan (formwork) dan landasan yang telah disediakan sehingga mencakup tendon yang sudah diberi gaya prategang dan dibiarkan mengering (gambar B).

- Setelah beton mengering dan umur yang cukup sehingga kuat untuk menerima gaya prategang, tendon dipotong dan dilepas, sehingga gaya prategang ditransfer ke beton (gambar C). Setelah gaya prategang ditransfer kebeton, balok beton akan melengkung keatas sebelum menerima beban kerja. Setelah beban kerja bekerja, maka balok beton tsb. akan rata.

### 2.5.2 Beton Prategang metode Paskatarik (*Post tension*)

Merupakan beton prategang yang dihasilkan dengan memberikan tegangan pada tendon baja setelah proses pengecoran beton (dimana beton telah mengeras mencapai sebagian kekuatannya).



Gambar 2. 6 Tahap Pengerjaan Metode Pasca Tarik

Tahap pengerjaan metode pasca tarik yaitu sebagai berikut :

- Dengan cetakan (formwork) yang telah disediakan lengkap dengan selongsong kabel prategang (tendon duct) yang dipasang dengan bentuk sesuai bidang momen balok, beton dicor (Gambar A).
- Setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya prategang, tendon atau kabel prategang dimasukkan

dalam selongsong (tendon duct), kemudian ditarik untuk mendapatkan gaya prategang. Metode pemberian gaya prategang ini, salah satu ujung kabel diangker, kemudian ujung lainnya ditarik (ditarik dari satu sisi). Dapat juga dengan menarik dikedua sisinya dan diangker secara bersamaan. Setelah diangkur, kemudian saluran di grouting melalui lubang yang telah disediakan. (Gambar B).

3. Setelah diangkur, balok beton menjadi tertekan, gaya prategang telah ditransfer kebeton. Karena tendon dipasang melengkung, maka akibat gaya prategang tendon memberikan beban merata kebalok yang arahnya keatas, sehingga balok melengkung keatas (Gambar C).

Perencanaan beton prategang pada gedung “Denpasar Icon” ini direncanakan dengan metode pasca tarik dengan alasan sebagai berikut :

1. Pelaksanaannya yang lebih memungkinkan dalam pelaksanaan di struktur gedung,
2. Layout tendon dapat dibuat fleksibel (menyesuaikan dengan bentuk bidang momen), yang umumnya berbentuk parabola sehingga lebih efisien.

Pengecoran balok prategang yang digunakan adalah sistem cast in place (pengecoran di tempat). Pengecoran di tempat dipilih daripada pracetak karena mempunyai keunggulan diantaranya mudah dibentuk dan tidak mengalami kesulitan dalam hal penentuan sambungan.

## **2.6 Tahap Pembebanan**

Tidak seperti beton bertulang, beton prategang mengalami beberapa tahap pembebanan. Pada setiap tahapan harus dilakukan pengecekan kondisi beton baik pada bagian yang tertekan maupun yang tertarik untuk setiap penampang.

Pada tahap tersebut berlaku tegangan ijin yang berbeda-beda sesuai kondisi beton dan tendon. Tahapan yang terdapat dalam beton prategang diantaranya :

### **2.6.1 Tahap Transfer**

Pada metode pratarik, tahap transfer terjadi saat anker dilepas dan gaya prategang di transfer ke beton. Sedangkan untuk metode paskatarik, tahap transfer terjadi saat beton telah cukup umur dan dilakukan penarikan beton prategang. Pada saat ini beban layan belum bekerja.

### **2.6.2 Tahap Servis**

Tahap ini terjadi setelah beton prategang digunakan / berfungsi sebagai komponen struktur. Kondisi ini dicapai setelah semua kehilangan gaya prategang dipertimbangkan.

## **2.7 Kehilangan Gaya Prategang Langsung**

Kehilangan langsung adalah kehilangan yang terjadi segera setelah beton diberi gaya prategang. Kehilangan gaya prategang langsung disebabkan oleh:

### **2.7.1 Perpendekan Elastis Beton**

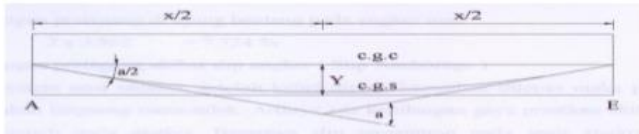
Pada saat gaya prategang dialihkan ke beton, komponen struktur akan memendek dan baja prategang turut memendek bersamanya. Jadi ada kehilangan gaya prategang pada baja (T.Y.Lin, 1996)

### **2.7.2 Kehilangan Akibat Friksi**

Pada struktur beton prategang dengan tendon yang dipasang melengkung ada gesekan antara system penarik



(jacking) dan ankur, sehingga tegangan yang ada pada tendon akan lebih kecil dari pada tegangan yang diberikan.



Gambar 2. 7 Sudut Pusat Tendon

### 2.7.3 Kehilangan Akibat Pengangkuran

Kehilangan akibat slip terjadi pada saat kabel prategang dilepas dari mesin penarik, kemudian kabel ditahan oleh baji dipengangkuran dan gaya prategang ditransfer dari mesin penarik ke ankur. Pada umumnya slip yang terjadi dipengangkuran berkisar 2.5 mm. (T.Y.Lin, 1996)

### 2.7.4 Kehilangan Akibat Kekangan Kolom

Pada Konstruksi beton prategang dengan desain cor monolit perlu diperhitungkan kehilangan prategang akibat kekangan kolom. Hal ini dapat terjadi karena saat dilakukan jacking beton terkekang oleh kekakuan kolom, gaya perlawanan yang diberikan oleh kolom menahan reaksi perpendekan beton akibat gaya jacking yang terjadi. Gaya perlawanan kolom ini menyebabkan berkurangnya gaya prategang karena sebagian gaya prategang digunakan untuk mengatasi perlawanan gaya kolom.

Semakin kaku komponen kolom yang mengekang balok prategang maka semakin besar gaya prategang yang hilang untuk melawan kolom agar mengikuti lenturan balok akibat gaya jacking hal ini juga menyebabkan semakin besarnya momen yang diterima kolom sebagai kontribusi dari jacking yang terjadi, demikian pula jika kolom didisain tidak kaku maka semakin kecil gaya kehilangan prategang balok

akibat kekangan dan semakin kecil momen yang diterima kolom akibat gaya jacking yang terjadi (Nawy, 2001).

## **2.8 Kehilangan Gaya Prategang Tergantung Waktu**

Kehilangan tergantung waktu. Kehilangan gaya prategang tergantung waktu disebabkan oleh :

### **2.8.1 Kehilangan Akibat Rangkak (*Creep*)**

Kehilangan gaya prategang yang diakibatkan oleh rangkak dari beton merupakan salah satu kehilangan gaya prategang tergantung pada waktu yang diakibatkan oleh proses penuaan dari beton selama pemakaian. Rangkak pada beton prategang dapat terjadi pada 2 kondisi yaitu kondisi *bonded* tendon dan *unbonded* tendon (T.Y Lin, 1996).

### **2.8.2 Kehilangan Akibat Susut**

Penyusutan beton dipengaruhi oleh rasio antara volume beton dan luas permukaan beton, dan juga kelembapan relative waktu antara pengecoran dan pemberian gaya prategang (T.Y Lin, 1996).

### **2.8.3 Kehilangan Akibat Relaksasi Baja Prategang**

Relaksasi baja prategang terjadi pada baja dengan perpanjangan tetap dalam suatu periode yang mengalami kekurangan gaya prategang(T.Y Lin, 1996).

## **2.9 Momen Retak**

Momen retak adalah momen yang menghasilkan retakan-retakan kecil pertama pada balok beton prategang yang dihitung dengan teori elastis, dengan menganggap bahwa retakan mulai terjadi saat tegangan tarik pada serat terluar beton mencapai modulus keruntuhannya ( $f_r$ ).

## **2.10 Momen Nominal**

Kontrol terhadap tegangan yang terjadi di balok pada saat penampang mencapai kuat nominal ( $f_{ps}$ ) yang

menghasilkan nilai momen nominal. Nilai  $f_{ps}$  pada balok dihitung dengan rumus pada SNI 2847:2013 Pasal 18.7. Momen nominal merupakan momen batas yang dimiliki oleh penampang beton yang fungsinya menahan momen ultimate dan momen retak yang terjadi.

## **2.11 Kontrol Lendutan**

Lendutan pada beton prategang untuk memenuhi kebutuhan layan suatu struktur beton. Lendutan pada elemen struktur beton prategang disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

### **2.11.1 Lendutan Akibat Eksentrisitas Tepi Balok**

Lendutan akibat eksentrisitas tepi balok terjadi karena terdapat jarak antara eksentrisitas tepi balok dan sumbu netral penampang beton. Hal ini mengakibatkan terjadinya lendutan ke arah bawah.

### **2.11.2 Lendutan Akibat Tekanan Tendon Prategang**

Tendon yang diberikan gaya prategang mengakibatkan balok menerima lendutan dengan arah ke atas.

### **2.11.3 Lendutan Akibat Beban Sendiri Balok**

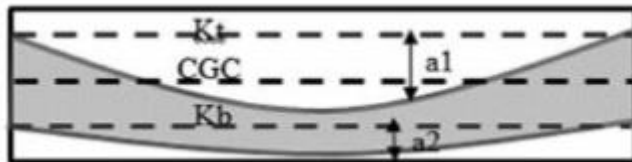
Balok prategang memiliki berat sendiri yang mengakibatkan terjadinya lendutan ke arah bawah pada balok itu sendiri.

### **2.11.4 Lendutan Akibat Beban Mati Dan Hidup**

Beton prategang juga menerima lendutan yang terjadi akibat adanya gaya dari luar berupa beban mati dan beban hidup yang mengakibatkan lendutan ke arah bawah. Beban-beban yang bekerja terbagi menjadi beban terpusat dan beban merata.

## 2.12 Daerah Limit Kabel

Daerah limit kabel adalah daerah batas dimana tendon dapat diletakkan. Tegangan tarik pada serat beton terjauh akibat beban layan tidak boleh melebihi nilai maksimum yang diijinkan persyaratan yang ada. Oleh karena itu diperlukan daerah batas pada penampang beton dimana pada daerah tersebut gaya prategang dapat diterapkan pada penampang tanpa menyebabkan terjadinya tegangan tarik pada penampang beton.



Gambar 2. 8 Daerah Limit Kabel

Dimana :

$$a1 \text{ (atas)} = M \text{ max} / F$$

$$a2 \text{ (bawah)} = M \text{ min} / F_0$$

## 2.13 Material Beton Prategang

### 2.13.1 Beton

Beton yang digunakan pada beton prategang pada umumnya merupakan beton mutu tinggi, workability tinggi, dapat mencapai kekuatan tertentu dalam waktu singkat dan kehilangan prategang (loss of prestressed) kecil. Tegangan ijin pada beton prategang dibagi menjadi dua, yaitu pertama tegangan ijin saat transfer dan tegangan ijin saat service (T.Y Lin, 1996).

### 2.13.2 Tendon baja

Dalam struktur beton prategang terdapat 2 jenis baja didalamnya yaitu baja bermutu tinggi yang mengalami gaya prategang sebagai tulangan aktif dan baja nonprategang sebagai tulangan pasif yang terbuat dari mild steels dan cold-worked steels. Macam-macam baja prategang yang digunakan adalah (Sulendra, 2011):

- Wire : kawat baja pejal dalam gulungan
- Bar : kawat baja pejal dalam lonjoran.
- Batang baja (Bar) : diameter 20 mm
- Strand : sekelompok kawat digabung dan dipintal pada arah longintudinal

### 2.13.3 Angkur

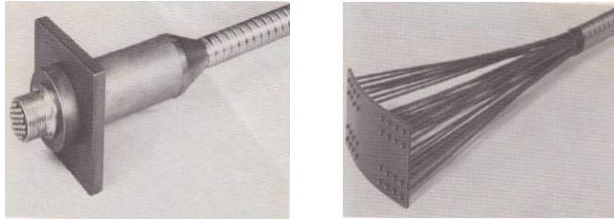
Kegagalan beton prategang dapat diakibatkan oleh hancurnya bantalan beton pada daerah dibelakang angkur tendon. Kegagalan ini diperhitungkan saat transfer yang merupakan kondisi ekstrim, yaitu saat gaya prategang maksimum dan kekuatan beton minimum. Kuat tekan nominal beton pada daerah pengankuran global di isyaratkan oleh SNI 2847:2013 pasal 18.13.2.2 dan 18.13.1.2. Jenis-jenis angkur adalah sebagai berikut:

#### 1. Angkur Hidup

Angkur ini dapat ditarik lagi setelah penegangan tendon Prategang. Pegangkuran ini sering dijumpai dalam prategang dengan sistem paskatarik

## 2. Angkur Mati

Angkur ini tidak bisa dilakukan lagi penarikan setelah penegangan tendon dilakukan. Angkur jenis ini sering digunakan dalam prategang dengan sistem pratarik



Gambar 2. 9 Angkur Hidup dan Angkur Mati

## 2.14 Sistem Hubungan Balok Kolom

### 2.14.1 Sistem monolit

Dampak prategang terhadap sistem monolit yaitu momen akibat perpindahan longitudinal disebabkan oleh gaya prategang yang memberikan reaksi horizontal pada bagian bawah kolom.

### 2.14.2 Sistem konsol pendek

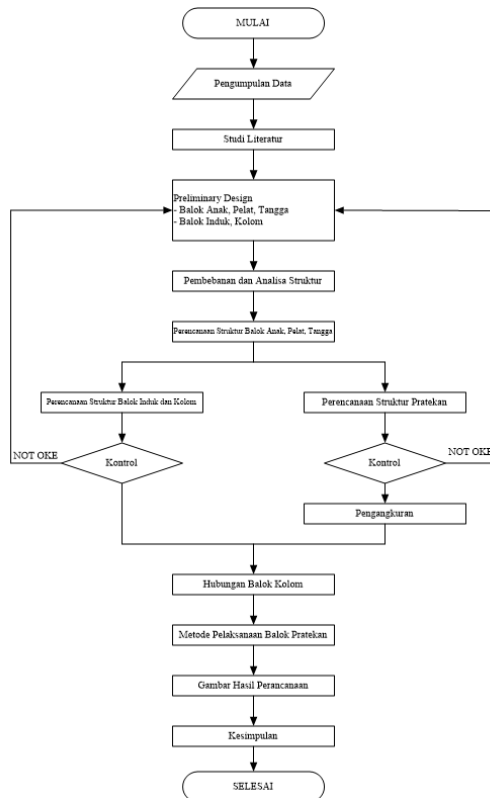
Tumpuan pada balok prategang dengan sistem konsol pendek atau bracket corbel, sehingga kolom tidak merupakan hubungan yang kaku. Sistem ini digunakan untuk menghindari adanya pengurangan gaya prategang akibat kekangan kolom. Konsol pendek merupakan simple supported beam, gaya-gaya yang timbul dari balok prategang akan disalurkan ke kolom dengan perantara konsol pendek. (Suryadarma & Gunawan, 1986)

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Umum

Langkah pengerjaan tugas akhir ini dapat dilihat sesuai dengan diagram di bawah ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir



### 3.2 Pengumpulan Data

Data bangunan yang akan digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu :

#### 1. Data Umum

- a. Nama Gedung : Premiere Inn Surabaya
- b. Lokasi : Jl. Biliton 24-26 Surabaya
- c. Fungsi : Perhotelan
- d. Jumlah Lantai : 1 basement  
9 lantai  
1 lantai atap
- e. Tinggi Bangunan :  $\pm 33,05$  m
  - Lt. Basement : 2,8 m
  - Lantai 1 : 4 m
  - Lantai 2 - 9 : 3 m
  - Lantai Atap : 2,25 m
- f. Total Luas Bangunan : 5689,11 m<sup>2</sup>
- g. Struktur Bangunan : Beton Bertulang
- h. Data Tanah : Terlampir
- i. Data Gambar : Terlampir

#### 2. Data bangunan yang akan dimodifikasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Nama Gedung : Hotel Premiere Inn Surabaya
- b. Lokasi : Jl. Biliton 24-26 Surabaya
- c. Fungsi : Perhotelan
- d. Jumlah Lantai : 10 lantai + 1 lantai atap
- e. Tinggi Bangunan :  $\pm 35$  m
  - Lantai 1 : 3 m
  - Lantai 2 : 4 m
  - Lantai 3-9 : 3 m
  - Lantai 10 : 4 m
  - Lantai Atap : 3 m

- f. Total Luas Bangunan : 5689,11 m<sup>2</sup>
- g. Struktur Bangunan : Beton Bertulang dan Beton Prategang
- h. Sistem Struktur : SRPMK
- i. Mutu Beton : 35 Mpa (beton normal) ;  
40 Mpa (beton prategang)
- j. Mutu Tulangan : 400 MPa
- k. Data Tanah : Terlampir
- l. Data Gambar : Terlampir
- m. Pada lantai 10 dimodifikasi menjadi *hall* yang luas tanpa kolom di tengah maka dipakai balok prategang pada lantai atap sehingga dapat memiliki bentang yang panjang.

### 3.3 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dengan menggunakan beberapa buku pustaka atau peraturan mengenai perancangan beton prategang dan struktur gedung secara umum yang akan sangat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, diantaranya :

1. SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung
4. SNI 7833-2012 Tata cara perancangan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung
5. Beton Prategang Edisi Ketiga Jilid 1 ( T.Y.Lin )
6. Beton Prategang Edisi Ketiga Jilid 1 ( E.G. Nawi )
7. Perencanaan Lanjut Struktur Beton (Iswandi Imran & Fajar Hendrik, 2014)

### 3.4 Preliminary Design

Preliminary desain ini dilakukan dengan memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 2847-2013, yang berupa:

#### 3.4.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 2847;2013 pasal 9.5.3.3 yaitu :

##### 1. Menentukan tebal minimum pelat

$$\begin{aligned} - \alpha_{fm} &= \frac{E_{balok} \times I_{balok}}{E_{pelat} \times I_{pelat}} \\ - I_{balok} &= \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \\ - I_{pelat} &= Ly \times \frac{hf^3}{12} \\ - K &= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \frac{hf}{hw} \times \left[4 - 6\left(\frac{hf}{hw}\right) + 4\left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{hw}\right)} \end{aligned}$$

Jika,

- $\alpha_{fm} \leq 0,2$  maka nilai h menggunakan tabel berikut

Tabel 3. 1 Tebal Minimum h

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	ℓ/ 20	ℓ/ 24	ℓ/ 28	ℓ/ 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ/ 16	ℓ/ 18,5	ℓ/ 21	ℓ/ 8

**CATATAN:**  
 Panjang bentang dalam mm.  
 Nilai yang dibenarkan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:  
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $w_c$ , di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.  
 (b) Untuk  $f_c$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_c/700)$ .

- $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2$  maka nilai h adalah :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \text{ dan } \geq 125 \text{ mm}$$

- $\alpha_{fm} \geq 2$  maka nilai h adalah :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \text{ dan } \geq 90 \text{ mm}$$

- $\beta = \frac{Ln}{Sn} < 2$  (pelat 2 arah)
- $\beta = \frac{Ln}{Sn} > 2$  (pelat 1 arah)

dimana :

$Ln$  = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi 2 arah

$\beta$  = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek pelat

$\alpha_{fm}$  = nilai rata-rata untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

## 2. Menentukan Lebar Efektif

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 8.12.2 dan Pasal 8.12.3 disebutkan bahwa kriteria menentukan lebar efektif ( $be$ ) dari balok yaitu

a. Balok interior tidak boleh melebihi persyaratan berikut:

- $be1 = \frac{1}{4} \times L$
- $be2 = bw + 8t$
- $be3 = bw + \frac{1}{2} S$

b. Balok eksterior tidak boleh melebihi persyaratan berikut :

- $be1 = \frac{1}{12} \times L$
- $be2 = bw + 6t$
- $be3 = bw + \frac{1}{2} S$

### 3.4.2 Perencanaan Dimensi Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi injakan.

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

Dimana :  $t$  = tinggi injakan

$I$  = lebar injakan

$\alpha$  = sudut kemiringan tangga ( $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ )

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol).

### 3.4.3 Perencanaan Dimensi Balok Anak

Perencanaan balok anak mengikuti peraturan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2

1. Tinggi Balok Anak

$$h = \frac{l}{21} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700}\right)$$

Nilai  $(0,4+fy/700)$  digunakan jika nilai  $fy$  tidak 420 Mpa

2. Lebar Balok Anak

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

### 3.4.4 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Perencanaan balok induk mengikuti peraturan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2

1. Tinggi Balok Induk

$$h = \frac{l}{16} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700}\right)$$

Nilai  $(0,4+fy/700)$  digunakan jika nilai  $fy$  tidak 420 Mpa

2. Lebar Balok Induk

$$B = \frac{2}{3} \times h$$

### 3.4.5 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan Kolom awalnya harus menentukan beban yang akan membebani kolom tersebut, kemudian kalikan

dengan factor beban, lalu dapat dicari luasan dari kolom tersebut sesuai dengan rumus:

$$A = \frac{W}{\frac{1}{3} \times f'c'}$$

Dimana :

A = Luas kolom rencana

W = Beban total terfaktor

### 3.5 Pembebanan

Dalam melakukan analisa dan perncanaan sebuah struktur perlu adanya gambaran yang jelas mengenai pembebanan struktur tersebut. Perilaku sebuah struktur dapat dipergaruhi oleh beberapa hal antara lain perlakuan pembebanan dan kombinasinya. Beban pada struktur terbagi menjadi 2 jenis yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut adalah penjabaran mengenai pembebanan tersebut.

#### 3.5.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bersifat tetap baik besarnya interval, titik bekerjanya dan arah garis kerjanya.

##### 1. Beban Mati

Definisi beban mati menurut SNI 1727-2013 pasal 3.1.1 yaitu berat seluruh bahan kontruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon,tangga dinding partisi tetap, finishin, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta perataan layang terpasang.

##### 2. Beban Hidup

Definisi beban hidup menurut SNI 1727 2013 pasal 4.1 yaitu beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk

beban konstruksi dan beban lingkungan seperti : beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir dan beban mati. Beban hidup untuk lantai hall adalah  $4,79 \text{ kN/m}^2$ , lantai hotel  $1,92 \text{ kN/m}^2$ ,  $0,96 \text{ kN/m}^2$  untuk beban atap datar.

### 3.5.2 Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang besarnya ( intensitas ) berubah-ubah menurut fungsi waktu, walaupun hanya dalam rentang waktu tertentu namun dapat menyebabkan kerusakan pada struktur sebuah bangunan, sehingga harus diperhitungkan dalam perencanaan sebuah struktur. Yang termasuk beban dinamis yaitu beban gempa. Berikut tahapan analisis beban gempa. Perencanaan pembebanan gempa ini mengacu pada SNI 1726:2012.

#### 1. Penentuan kategori risiko bangunan Sesuai dengan tabel 1 SNI 1726-2012

Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkecunan, perternakan, dan penikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penangan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, pengemasan atau tempat penyuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

## 2. Penentuan faktor keutamaan gempa Sesuai dengan tabel 2 SNI 1726-2012

Tabel 3. 3 Kategori Risiko

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

## 3. Penentuan klasifikasi situs Sesuai pasal 5.3 SNI 1726-2012

Tabel 3. 4 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{V}_z$ (m/detik)	$\bar{V}$ atau $\bar{V}_{sk}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math>,</li> <li>3. Kuat geser niralir <math>\bar{S}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 3</math> m dengan <math>\bar{S}_u &lt; 50</math> kPa</li> </ul>		





5. Koefisien-koefisien Situs dan Parameter-parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER)

Parameter percepatan spektra disain harus ditentukan melalui perumusan berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.2 berikut.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

Dimana :

$S_s$  = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda pendek

$S_1$  = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda 1,0 detik

$F_a, F_v$  = Koefisien situs

Tabel 3. 6 Koefisien Situs  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_z$				
	$S_z \leq 0,25$	$S_z = 0,5$	$S_z = 0,75$	$S_z = 1,0$	$S_z \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

Tabel 3. 5 Koefisien Situs  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

## 6. Parameter Percepatan Spektral Desain

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS}$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1}$$

Dimana :

$S_{MS}$  = Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek

$S_{M1}$  = Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik  
**Tabel 3.7** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

## 7. Menentukan kategori desain seismik

Menurut SNI 1726:2012 pasal 6.5 penentuan kategori desain seismik adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

### 8. Menentukan kurva spektrum respon desain

Dalam SNI 1726 : 2012 pasal 6.4 untuk membuat kurva spectrum respon desain :

$$T_0 = \frac{0,2 \times SD1}{SDS}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

- Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ). Harus di desain dengan :

$$S_a = SDS \left( 0,4 + \frac{0,6T}{T_0} \right)$$

- Untuk periode yang lebih besar dari  $T_0$ , dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum, spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = SDS$$

- Untuk periode yang lebih besar dari  $T_s$ , Spektrum respon percepatan desain :

$$S_a = S_{D1} / T$$

### 3.5.3 Kombinasi Pembebanan

Beban-beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.2.1 sehingga struktur memenuhi syarat keamanan.

- $U = 1.4D$
- $U = 1.2D + 1.6L + 0.5(Lr \text{ atau } R)$
- $U = 1.2D + 1.6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5W)$
- $U = 1.2D + W + L + 0.5(Lr \text{ atau } R)$
- $U = 1.2D + E + L$
- $U = 0.9D + W$
- $U = 0.9D + E$

### 3.6 Analisa Struktur

Analisa struktur utama menggunakan software SAP 2000 version 15 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada rangka utama.

### 3.7 Perencanaan Struktur Sekunder

Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder.

#### 3.7.1 Perencanaan Tangga

Menentukan tulangan yang digunakan pada struktur tangga terdiri dari beberapa tahap yang akan dijabarkan sebagai berikut.

1. Menentukan data –data perencanaan tangga
2. Menghitung pembebanan tangga dan bordes
3. Perhitungan gaya pada tangga menggunakan mekanika teknik statis
4. Perhitungan penulangan pada pelat tangga, pelat bordes dan balok bordes
  - a. Penulangan Lentur
  - b. Penulangan Geser
  - c. Penulangan Susut

#### 3.7.2 Perencanaan Pelat

Menentukan tulangan yang digunakan pada struktur pelat terdiri dari beberapa tahap yang akan dijabarkan sebagai berikut.

1. Menentukan data-data  $d$ ,  $f_y$ ,  $f_c$ , dan  $M_u$
2. Menentukan pembebanan yang diterima oleh pelat
3. Menentukan harga  $\beta_1$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7}$$

4. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y}$$

5. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c}$$

6. Menentukan Rn

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

7. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

dimana :  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

8. Menentukan luas tulangan dari  $\rho$  yang didapat

$$A_s = \rho \times b \times d$$

9. Menentukan jumlah dan jarak tulangan

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = 1000/n$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum yaitu :

$$S < 450 \text{ mm}$$

$$S < 3 \times h$$

### 3.7.3 Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Untuk menentukan tulangan yang digunakan pada struktur balok anak

dapat dilakukan dengan metode perhitungan seperti pada balok induk.

### 3.8 Perhitungan Struktur Primer Non Prategang

Setelah memperoleh analisa gaya dalam menggunakan program SAP dilakukan kontrol desain. Pada bagian ini akan dibahas kontrol desain pada beton bertulang biasa serta dilakukan penulangan struktur utama sesuai dengan aturan yang ada di SNI 2847:2013 sebagai berikut :

#### 3.8.1 Perencanaan Balok Induk

Dalam merencanakan balok induk yang mampu memikul beban yang ada dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Menentukan data-data meliputi dimensi balok dan properti material
2. Menentukan pembebanan yang akan dipikul oleh balok induk
3. Menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu SAP sehingga didapatkan gaya-gaya dalam yang dibutuhkan dalam desain.
4. Menghitung rasio tulangan sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.1

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Cek  $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ \text{Jumlah tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} \end{aligned}$$

5. Menghitung kapasitas momen nominal ( $M_n$ )

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

Cek  $\phi M_n > M_u$

## 6. Hitung kapasitas geser

## a. Penulangan geser tumpuan

Untuk pemasangan tulangan geser di daerah sendi plastis (sepanjang  $2h$  dari muka kolom)

## 1) Menghitung momen ujung di tiap-tiap tumpuan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot e}$$

$$M_{pr} = A_s \times (1,25 \times f_y) \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

## 2) Menghitung gaya geser total

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{L_n}$$

Beton diasumsikan tidak menahan gaya geser, sehingga  $V_c = 0$ ;  $V_n = V_e$  maks

## 3) Merencanakan tulangan geser

$$V_s = \frac{V_n}{\phi}$$

$$V_s \text{ maks} = \frac{2}{3} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$$

Cek  $V_s < V_s \text{ maks}$

$A_v = \text{Jumlah kaki} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

Dalam SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.2, Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari

:

$$s < d / 4$$

$$s < 6 \text{ kali diameter tulangan longitudinal}$$



$$s < 150 \text{ mm}$$

b. Penulangan geser lapangan

Untuk pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis (di luar 2h)

$$V_u \text{ lapangan} = V_n - (2 \times h)$$

$$\phi V_s \text{ min} = 0,75 \times 1/3 \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

Cek kondisi,

$$V_u < 0,5\phi V_c$$

$$0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_{smin})$$

$$A_v = \text{Jumlah kaki} \times 1/4 \times \pi \times d^2$$

$$A_v \text{ min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y}$$

Syarat spasi sengkang maksimum,

$$S \text{ maks} \leq d/2$$

7. Kontrol lendutan

8. Kontrol terhadap retak

### 3.8.2 Perencanaan Kolom

Langkah-langkah dalam merencanakan penulangan struktur kolom :

1. Menentukan data-data meliputi dimensi kolom dan properti material
2. Menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu SAP sehingga didapatkan gaya-gaya dalam yang dibutuhkan dalam desain.
3. Perencanaan tulangan memanjang kolom
  - a. Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1 luas tulangan memanjang,  $A_s$ , tidak boleh kurang dari  $0.01A_g$  atau lebih dari  $0.06A_g$
  - b. Kontrol kapasitas beban aksial kolom atas dan bawah terhadap beban aksial terfaktor  $\phi P_n$  (max)  $= 0.8 \times \phi \times$

$$(0.85 \times f'c \times (Ag - Ast) + (fy \times Ast) \text{ Cek, } \phi Pn \text{ (max)} > Pmax$$

4. Pemeriksaan persyaratan “strong column weak beam” Sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan bahwa

$$\sum Mnc \geq (1,2) \sum Mnb$$

Keterangan :

$\Sigma Mnc$  = momen kapasitas kolom

$\Sigma Mnb$  = momen kapasitas balok Nilai  $\Sigma Mnc$  diperoleh dengan bantuan diagram interaksi kolom dengan program bantu.

5. Penentuan daerah plastis

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1 panjang  $l_0$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari

$$l_0 > h \text{ kolom}$$

$$l_0 > 1/6 \text{ bentang bersih kolom}$$

$$l_0 > 450 \text{ mm}$$

dimana  $s$  tidak boleh lebih besar dari

$$s < 1/4 \text{ dimensi kolom minimum}$$

$$s < 6 \times \text{diameter tulangan longitudinal}$$

$$s < 100 + (350-h) / 3$$

6. Pengekangan kolom di daerah sendi plastis

Kebutuhan pengekangan di daerah sendi plastis ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.4 luas penampang total tulangan sengkang persegi, Ash, tidak boleh kurang dari

$$Ash = 0,3 \frac{s.bc.fc}{fyt} \left[ \left( \frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right]$$

$$Ash = 0,09 \frac{s.bc.fc}{fyt}$$

Keterangan :

$S$  = jarak tulangan transversal

- bc = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)  
 Ag = luasan penampang kolom (mm)  
 Ach = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)  
 fyt = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

7. Kebutuhan tulangan geser

Gaya geser yang bekerja di sepanjang bentang kolom ( $V_u$ ) ditentukan dari  $M_{pr+}$  dan  $M_{pr-}$  balok yang menyatu dengan kolom tersebut

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b_e}$$

$$M_{pr} = A_s \times (1,25 \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$V_u = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{L_n}$$

Besarnya  $V_u$  harus dibandingkan dengan  $V_c$ , yaitu gaya geser yang diperoleh dari  $M_{pr}$  kolom.  $M_{pr}$  kolom diperoleh dengan program bantu spColumn. Karena dimensi dan penulangan kolom atas dan bawah sama, maka:

$$V_e = \frac{2 \cdot M_{pr}}{l_n}$$

Cek  $V_e > V_u$

Sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.5.2 nilai  $V_c$  diasumsikan 0, apabila :

50%  $V_e > V_u$

$$P_u < \frac{A_g \cdot f_c}{10}$$

Apabila tidak memenuhi persyaratan di atas, maka  $V_c \neq 0$ . Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 untuk komponen struktur yang dikenai beban aksial berlaku :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

Besarnya  $V_s$  dihitung berdasarkan tulangan confinement Ash terpasang :

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Cek  $\phi(V_c + V_s) > V_u$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.5 sisa panjang kolom di luar sendi plastis ( $l_o$ ) tetap harus dipasang tulangan transversal dengan ketentuan berikut :

$$s < d/2$$

$$s < 6 \times \text{diameter tulangan longitudinal}$$

$$s < 150 \text{ mm}$$

8. Panjang lewatan pada sambungan tulangan kolom  
Sambungan tulangan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang tentukan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3 untuk tulangan D22 dan yang lebih besar

$$l_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c}} \right) \cdot d_b$$

Keterangan :

$\Psi_t = 1$  (tidak berada di atas lapisan beton setebal 300 mm)

$\Psi_e = 1$  (tidak dilapisi epoksi)

$\Lambda = 1$  (beton berat normal)

Sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 12.15.1 panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti disyaratkan untuk sambungan Kelas A atau B, tetapi tidak kurang dari 300 mm

Sambungan kelas A =  $1.0 l_d$

Sambungan kelas B =  $1.3 l_d$

### 3.9 Perhitungan Struktur Prategang

Dalam perencanaan beton prategang pada Tugas Akhir ini, langkah-langkah perencanaan yang digunakan ialah sebagai berikut :

#### 3.9.1 Gaya Prategang Awal

Penentuan gaya prategang awal berpengaruh pada momen total, gaya tersebut kemudian akan disalurkan ke

penampang. Gaya prategang mempengaruhi tendon dan baja sesuai dengan esentrisitas yang digunakan (T.Y Lin, 1996).

$$\sigma = \frac{F}{A} \pm \frac{F \cdot e}{w} \pm \frac{MDL}{w} \pm \frac{MLL}{w}$$

Dimana :

F = gaya prategang yang diberikan

A = luasan penampang beton

e = eksentrisitas antara kabel prategang dengan sumbu netral beton

W = momen resisten beton (I/y)

MDL = Momen yg terjadi akibat beban mati

MLL = Momen yang terjadi akibat beban hidup

### 3.9.2 Pemilihan Tendon Baja Prategang

Pemilihan tendon baja prategang sangat dipengaruhi oleh gaya prategang yang ada. Pemilihan tendon harus disesuaikan dengan tegangan ijin yang berlaku pada SNI 2847:2013 Pasal 18.5.1

1. Tegangan baja yang digunakan tidak boleh melampaui nilai berikut :
  - a. Tegangan ijin saat penarikan kabel (*jacking*)  
0,94 fpy atau <0,8fpu  
dan nilai maksimum direkomendasikan pabrik yang membuat tendon prategang dan perangkat angkur.
  - b. Tegangan ijin pada saat segera setelah peralihan gaya prategang  
0,70 fpu
2. Tegangan ijin pada beton tidak boleh melebihi nilai-nilai berikut
  - a. Tegangan ijin pada saat pemberian gaya prategang (sebelum kehilangan)  
0.60fci (Tegangan tekan serat terluar)  
0.5√fci (Tegangan tarik serat terluar)  
Dimana: f'ci = kuat tekan beton saat jacking

- b. Tegangan ijin pada saat beban kerja setelah terjadi kehilangan gaya prategang
- $0.45f'c$  (Tegangan tekan serat terluar)
- $ft \leq 0.62\sqrt{f'c}$  (Tegangan tarik serat terluar kelas U)
- $0.62\sqrt{f'c} < ft \leq \sqrt{f'c}$  (Tegangan tarik serat terluar kelas T)
- $ft > \sqrt{f'c}$  (Tegangan tarik serat terluar kelas C)

Setelah memilih tendon baja prategang, maka dilanjutkan dengan menentukan tata letak kabel sesuai dengan batas yang telah ditetapkan pada peraturan SNI 2847:2013. Tata letak kabel sangat ditentukan oleh jenis kabel yang digunakan, agar tidak melebihi batas yang telah ditetapkan.

### 3.9.3 Kehilangan Prategang

Kehilangan prategang adalah berkurangnya gaya prategang dalam tendon pada saat tertentu dibanding pada saat stressing. Kehilangan prategang dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori.

#### 3.2.6.1 Kehilangan prategang langsung

Kehilangan langsung adalah kehilangan gaya awal prategang sesaat setelah pemberian gaya prategang pada pada komponen balok prategang, yang terdiri dari:

1. Kehilangan akibat pegangkuruan

Perhitungan kehilangan prategang akibat pegangkuruan, sebagai berikut

$$\Delta = \frac{Srata-rata}{\Delta a} \times 100\%$$

$$\Delta a = \frac{\sigma L}{Es}$$

Dimana :

$\Delta$  = Kehilangan gaya prategang (%)

$\Delta a$  = Deformasi pada angkur

$\sigma$  = Tegangan pada beton

$E_s$  = Modulus baja

$L$  = Panjang kabel

$S$  = Harga rata-rata slip ankur (2.5mm)

2. Kehilangan akibat perpendekan elastis  
Perhitungan kehilangan prategang akibat perpendekan elastis, sebagai berikut:

$$ES = Kes \times Es \times \frac{f_{ci}}{E_{ci}}$$

Dimana :

$Kes = 1,0$  untuk komponen struktur pratarik

$Kes = 0,5$  untuk komponen struktur pasca tarik

3. Kehilangan akibat friksi  
Perhitungan kehilangan prategang akibat gesekan, sebagai berikut:

$$F_2 = F_1 \times e^{-\mu\alpha - KL}$$

$$\Delta = (1 - e^{-\mu\alpha - KL}) \times 100\%$$

$$\alpha = 8 \times \frac{f}{L}$$

dimana:

$F_2$  = Gaya prategang setelah terjadi kehilangan akibat friction

$F_1$  = Gaya awal prategang di tengah bentang

$K$  = Koefisien Woble Effect

$L$  = Panjang bersih balok

$\alpha$  = Sudut kelengkungan

$\mu$  = Koefisien gesekan

$f$  = Fokus tendon (eksetrisitas dari c.g.s)

Tabel 3. 9 Koefisien Friksi dan *Wobble Effect*

Type Tendon	Wobble effect Coefficient		Curvature Coefficient
	K/foot	K/meter	μ/radial
Tendon in flexible metal sheathing:			
-Wire tendon	0.0010-0.0015	0.0033-0.0049	0.15-0.25
-7-wires strand	0.0005-0.0020	0.0016-0.0066	0.15-0.25
-High-strength bars	0.0001-0.0006	0.0003-0.0020	0.08-0.30
Tendon in Rigid Metal Duct			
7-wires strand	0.0002	0.00066	0.15-0.25
Pregreased tendons			
Wire tendons and 7-wire strand	0.0003-0.0020	0.0010-0.0066	0.05-0.15
Mastic-Coated Tendons			
Wire tendons and 7-wire strand	0.0010-0.0020	0.0033-0.0066	0.05-0.15

#### 4. Kehilangan akibat kekangan kolom

Perhitungan kehilangan prategang akibat kekangan kolom, sebagai berikut:

$$\Delta P = \frac{MB - MA}{h}$$

dimana:

MB ; MA = Momen muka kolom pada titik A dan B akibat gaya P

H = tinggi kolom

#### 3.2.6.2 Kehilangan prategang tergantung waktu

Hilangnya gaya awal yang ada terjadi secara bertahap dan dalam waktu yang relatif lama (tidak secara langsung seketika saat pemberian prategang), adapun macam kehilangan tidak langsung adalah:



1. Kehilangan akibat rangkai

Perhitungan kehilangan prategang akibat rangkai, sebagai berikut :

Perhitungan rangkai pada *bonded* tendon :

$$CR = Kcr \times \frac{Es}{Ec} \times [fci - fcds]$$

Perhitungan rangkai pada *unbonded* tendon :

$$CR = Kcr \times \frac{Es}{Ec} \times fcpa$$

Dimana :

CR= Kehilangan gaya prategang akibat rangkai

Kcr= Koef rangkai, pratarik (2,0) ; pasca tarik (1,6)

Ec = Modulus elastisitas beton

Es = Modulus elastisitas baja

fci = Tegangan beton sesaat setelah transfer gaya prategang

fcds = Tegangan beton pada pusat berat tendon akibat dead load

fcpa = Tegangan tekan beton rata-rata pada pusat berat tendon

2. Kehilangan akibat susut

Perhitungan kehilangan prategang akibat susut, sebagai berikut :

$$SH = \left( \frac{8,2}{10^{-6}} \right) \times KSH \times Es [1 - 0,06(v/s)] [100 - RH]$$

Dimana :

SH = Kehilangan gaya prategang akibat susut

Kcr = Koef rangkai, pratarik (2,0) ; pasca tarik (1,6)

Es = Modulus elastisitas baja

V = Volume beton dari suatu komponen struktur prategang

S = Luas permukaan komponen struktur beton

prategang

RH = Kelembapan udara relatif

KSH = Koefisien penyusutan

Tabel 3. 10 Koefisien Susut Beton Pasca Tarik

$K_{SH}$	Waktu akhir perawatan hingga pemberian gaya prategang (hari)
0.92	1
0.85	3
0.8	5
0.77	7
0.73	10
0.64	20
0.58	30
0.45	60

### 3. Kehilangan akibat relaksasi baja

Perhitungan kehilangan prategang akibat relaksasi baja, sebagai berikut:

$$RE = [Kre - J(SH + CR + ES)] \times C$$

Dimana :

RE = Kehilangan tegangan

C = Factor relaksasi yang tergantung jenis kawat

Kre = Koefisien relaksasi, berkisar 41 – 138 N/mm<sup>2</sup>

J = Faktor waktu, harganya antara 0.05 – 0.15

- SH = Kehilangan tegangan akibat susut  
 CR = Kehilangan tegangan akibat rangkaiak  
 ES = Kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis

Tabel 3. 11 Nilai Kre dan J

Tipe Tendon	$K_{re}$ (psi)	J
Kabel wires atau strand stress-relieved mutu 270	20.000	0,15
Kabel wires atau strand stress-relieved mutu 250	18.500	0,14
Kabel wires stress-relieved mutu 240 atau 235	17.600	0,13
Kabel strand relaksasi rendah mutu 270	5000	0,04
Kabel wires relaksasi rendah mutu 250	4630	0,037
Kabel wires relaksasi rendah mutu 240 atau 235	4400	0,035
Bar relaksasi rendah mutu 145 atau 160	6000	0,05

Tabel 3. 12 Nilai C

$f_i/f_{pi}$	Tegangan Kabel	Tegangan Batang (Bar) atau Kabel Relaksasi Rendah
0,80		1,28
0,79		1,22
0,78		1,16
0,77		1,11
0,76		1,05
0,75	1,45	1,00
0,74	1,36	0,95
0,73	1,27	0,90
0,72	1,18	0,85
0,71	1,09	0,80
0,70	1,00	0,75
0,69	0,94	0,70
0,68	0,89	0,66
0,67	0,83	0,61
0,66	0,78	0,57
0,65	0,73	0,53
0,64	0,68	0,49
0,63	0,63	0,45
0,62	0,58	0,41
0,61	0,53	0,37
0,60	0,49	0,33

### 3.9.4 Kontrol Momen Nominal

Kontrol terhadap tegangan yang terjadi di balok pada saat penampang mencapai kuat nominal ( $f_{ps}$ ) yang menghasilkan nilai momen nominal. Nilai  $f_{ps}$  pada balok dihitung dengan rumus pada SNI 2847:2013 Pasal 18.7

$$\begin{aligned} M_n &= A_{ps} \cdot F_{ps} \left( d_p - \frac{a}{2} \right) \\ &= A_{ps} \cdot F_{ps} \left( d_p - 0,59 \frac{A_{ps} \cdot F_{ps}}{b \cdot f_c} \right) \end{aligned}$$

Dengan ketentuan :

$$\phi M_n > M_u \quad ; \quad \phi M_n > 1,2M_{cr}$$

Dimana :

$M_n$  = Momen nominal

$M_u$  = Momen ultimate ( $1.2M_D + 1.6M_L$ )

$A_{ps}$  = Luasan tendon prategang

$F_{ps}$  = Tegangan pada tulangan prategang disaat penampang mencapai kuat nominal

$D_p$  = Jarak penampang baja ke serat atas beton

$b$  = Lebar penampang beton

### 3.9.5 Kontrol Kuat Batas Beton Prategang

Kuat batas balok prategang yang diakibatkan oleh beban luar berfaktor harus memiliki nilai-nilai berikut :

$$1,2M_{cr} \leq M_u \leq \phi M_n$$

dimana :

$M_{cr}$  = momen retak yang terjadi pada balok prategang

Mu = momen ultimate balok prategang

Mn = Kapasitas penampang

$\emptyset$  = Faktor reduksi

### 3.9.6 Kontrol Momen Retak

Momen retak dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

Mcr = M1 + M2

M1 = F x (e + Kt)

M2 = F1 x Wb

Fr = 0,62 $\sqrt{f_c}$

Dimana :

Mcr = Momen retak

Fe = Gaya prategang saat servis

E = Eksentrisitas tendon terhadap garis netral penampang

Kt = Daerah kern diatas sumbu netral beton

Fr = Tegangan tarik pada serat terluar beton

Wb = Momen resisten bawah (I/Yb)

### 3.9.7 Kontrol Lentur

Kontrol untuk mengetahui apakah dimensi dari balok mampu memikul tegangan yang diberikan

$$\sigma = \frac{F}{A} \pm \frac{F \cdot e}{w} \pm \frac{MDL}{w} \pm \frac{MLL}{w} \leq \sigma_{ijin}$$

Dimana :

- $\sigma$  = Tegangan lentur pada serat atas dan bawah  
 $\sigma$  ijin = Tegangan ijin sesuai ketentuan pada SNI.  
 $F$  = gaya prategang yang diberikan  
 $A$  = luasan penampang beton  
 $e$  = eksentrisitas kabel prategang dengan sumbu netral beton  
 $W$  = momen resisten beton ( $I/y$ )  
 $MDL$  = Momen yg terjadi akibat beban mati  
 $MLL$  = Momen yang terjadi akibat beban hidup

### 3.9.8 Kontrol Geser

Rumus untuk perhitungan kontrol geser, sebagai berikut:

$$\phi V_c \geq V_u$$

Dimana,

$$V_c = \left( 0,05\lambda\sqrt{f_c} + 4,8 \frac{V_u \cdot dp}{M_u} \right) \times bw \times d$$

Serta  $V_c$  harus memenuhi persyaratan berikut :

$$0,17\lambda\sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d \leq V_c \leq 0,42\sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d$$

$V_c$  harus terkecil dari  $V_{ci}$  dan  $V_{cw}$

$$V_{ci} = \left( 0,05\lambda\sqrt{f_c} \cdot bw \cdot dp + V_d + \frac{V_u \cdot M_{cro}}{M_{ax}} \right)$$

Dimana  $dp \geq 0,8h$  dan

$$V_{ci} \geq 0,17\lambda\sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d$$

Dengan,

$$M_{cro} = \frac{1}{yt} (0,17\lambda\sqrt{f_c} + f_{pe} - f_d)$$

Dan nilai-nilai  $M_{max}$  dan  $V_i$  harus dihitung dari kombinasi beban yang menimbulkan momen maksimum pada penampang yang ditinjau.

$V_{cw}$  harus dihitung dengan:

$$V_{cw} = (0,29\lambda\sqrt{f_c} + 0,3f_{pc})bw \cdot dp + V_p$$

dimana:

- $V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- $V_u$  = Kuat geser ultimate dari kombinasi beban yang ada
- $V_{ci}$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadi keretakan diagonal akibat kombinasi momen dan geser
- $V_{cw}$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadi keretakan diagonal akibat tegangan tarik utama yang berlebihan pada badan penampang
- $V_d$  = Gaya geser pada penampang akibat beban mati tidak terfaktor
- $V_i$  = Gaya geser terfaktor pada penampang akibat beban luar yang terjadi bersamaan dengan  $M_{max}$
- $V_p$  = Komponen vertikal gaya prategang efektif pada penampang
- $I$  = Momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor yang bekerja
- $yt$  = Garis netral

- bw = Lebar badan / garis tengah penampang
- D = Jarak serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik
- Mcro = Momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur pada penampang akibat beban luar
- Mmax = Momen terfaktor maksimum pada penampang akibat beban luar
- fd = Tegangan akibat beban mati tak terfaktor, pada serat terluar penampang dimana tegangan tarik disebabkan oleh beban luar
- fpc = Tegangan tekan pada beton setelah kehilangan pada titik berat penampang yang menahan beban luar atau pertemuan antara badan dan flens jika titik berat terletak dalam flens
- fpe = Tegangan tekan pada beton akibat gaya prategang efektif saja setelah memperhitungkan kehilangan pada serat terluar penampang dimana tegangan tarik terjadi akibat beban luar

### 3.9.9 Kontrol Lentutan

Berikut adalah kontrol lentutan yang harus dilakukan yaitu:

#### 3.2.6.1 Lentutan akibat eksentrisitas tepi balok

Eksentrisitas terhadap c.g.c pada letak tendon menyebabkan lentutan kearah bawah (karena menyebabkan momen negatif)

$$\Delta l_{me} = \frac{P_o \times e \times l^2}{8 \times E_c \times I}$$



Dimana,

$P_o$  = Gaya Prategang (N)

$e$  = eksentrisitas dari c.g.c dari tepi balok (mm)

$l$  = panjang efektif (mm)

### 3.2.6.2 Lentutan akibat eksentrisitas tepi balok

Perhitungan lentutan akibat tekanan tendon dapat dihitung, sebagai berikut:

$$\Delta l_{po} = \frac{5}{384} \times \frac{P_o \times l^2}{E_c \times I}$$

Dengan nilai  $P_o$  sebesar

$$P_o = \frac{8 \times F_o \times f}{l^2}$$

dimana:

$P_o$  = Gaya Prategang (N)

$f$  = Fokus tendon (eksentrisitas dari c.g.s)

$l$  = panjang efektif (mm)

$E_c$  = Modulus elastisitas beton (MPa)

$I$  = Inersia balok (mm<sup>4</sup>)

### 3.2.6.3 Lentutan akibat beban sendiri

Berat sendiri menyebabkan balok terletak kebawah sehingga lentutan yang terjadi berupa lentutan ke bawah

$$\Delta l_{po} = \frac{5}{384} \times \frac{q_o \times l^2}{E_c \times I}$$

dimana:

- $q_0$  = Beban terbagi merata (N/m)  
 $e$  = eksentrisitas dari c.g.c dari tepi balok (mm)  
 $l$  = panjang efektif (mm)  
 $E_c$  = Modulus elastisitas beton (MPa)  
 $I$  = Inersia balok (mm<sup>4</sup>)

### 3.9.10 Pengangkuran

Kegagalan pada balok prategang pasca tarik bisa disebabkan oleh hancurnya bantalan beton pada daerah tepat dibelakang angkur tendon akibat tekanan yang sangat besar. Kegagalan ini diperhitungkan pada kondisi ekstrim saat transfer, yaitu saat gaya prategang maksimum dan kekuatan beton minimum. Kuat tekan nominal beton pada daerah pengangkuran global disyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 18.13.2.2 Bila diperlukan, pada daerah pengangkuran dapat dipasang tulangan untuk memikul gaya pencair, belah dan pecah yang timbul akibat pengangkuran tendon sesuai SNI 2847:2013 Pasal 18.13.1.2. Daerah pengangkuran dianggap tersusun dari dua buah daerah, yaitu:

- a. Daerah Lokal  
Prisma persegi (atau prisma persegi ekuivalen untuk angkur oval) dari beton yang langsung mengelilingi alat angkur dan sebagian tulangan pengekang
- b. Daerah Umum  
Daerah tempat pengangkuran dimana gaya prategang terpusat disalurkan ke beton dan disebarkan secara merata pada seluruh penampang

### **3.10 Sistem Hubungan Balok Kolom**

Sistem yang digunakan untuk balok prategang dengan kolom yaitu sistem monolit, struktur monolit merupakan salah satu dari tiga penentu komponen struktur puntir (SNI 2847:2013 Pasal 13.7.5.1). Struktur monolit diasumsikan mampu menahan geser vertikal, akan tetapi desain harus dengan bentuk penampang yang sama (SNI 2847:2013 Pasal 17.4.2).

### **3.11 Metode Pelaksanaan Beton Prategang dengan Sistem Monolit**

Balok prategang dengan sistem hubungan balok-kolom monolit dan menggunakan metode post-tension. Urutan pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

- a. Beton prategang dikerjakan setelah struktur utama non prategang dibawahnya selesai. Karena kolom merupakan struktur vertikal yang merupakan struktur utama dari sebuah gedung, maka pekerjaan balok prategang dikerjakan setelah kolom berdiri
- b. Bekisting beton prategang dipasang, lalu dipasang pipa selongsong lentur yang dibuat dari plastic atau metal, yang akan menyelubungi tendon. Pipa tersebut diletakan didalam bekisting dengan posisi diatur dan ditahan untuk membentuk pola sesuai bidang momennya.
- c. Kemudian karena pekerjaannya dilakukan dengan metode cor ditempat, maka beton langsung di cor, pengecoran ini dapat dilakukan sekaligus dengan pengecoran pelat lantai selebar b.effektif. Pengecoran harus tetap menjaga pipa selongsong tendon tetap kokoh pada posisinya dan tidak kemasukan adukan, kemudian dilakukan perawatan pengerasan beton secukupnya sampai mencapai kekuatan tertentu.
- d. Setelah itu, tendon dimasukkan ke dalam pipa selongsong yang sudah disiapkan.

- e. Tendon tersebut kemudian ditarik (jacking) di satu ujung dan ujung satunya. Pada saat penarikan tendon ini, sudah terjadi kehilangan gaya-gaya prategangnya. Dengan demikian jacking harus sudah mempertimbangkan hal-hal yang menyangkut kehilangan tersebut.
- f. Kemudian diangkurkan, fungsi angkur untuk menahan tendon agar tidak terjadi slip (penggelinciran) dalam rangka upaya agar beban atau tegangan tarikan tetap bertahan pada tendon.
- g. Kemudian proses grouting, proses ini dilakukan dengan menyuntikkan pasta semen setelah tendon ditarik atau sebelum beban hidup bekerja.

### **3.12 Gambar**

Hasil analisa baik dari struktur sekunder, struktur utama non prategang dan struktur utama prategang dituangkan dalam gambar teknik yang mampu menjelaskan secara nyata hasil perhitungan dengan menggunakan software bantu sipil AutoCAD sesuai standar yang ada.

### **3.13 Kesimpulan**

Menarik kesimpulan dari hasil Tugas Akhir ini, serta memberikan saran mengenai Tugas Akhir ini.

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

## **BAB IV PRELIMINARY DESIGN**

### **4.1 Umum**

Preliminary desain merupakan tahapan dalam menentukan ukuran dimensi awal dari bagian-bagian struktur bangunan sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan pada SNI 2847:2013.

### **4.2 Data Perencanaan**

Data perencanaan struktur gedung yang akan direncanakan adalah sebagai berikut

- a. Lokasi : Jl. Biliton 24-26 Surabaya
- b. Fungsi : Perhotelan
- c. Jumlah Lantai : 10 lantai + 1 lantai atap
- d. Tinggi Bangunan :  $\pm 33,05$  m
  - Lantai 1 : 2,5 m
  - Lantai 2 : 4 m
  - Lantai 3-10` : 3 m
- e. Total Luas Bangunan : 5689,11 m<sup>2</sup>
- f. Struktur Bangunan : Beton Bertulang dan Beton Prategang
- g. Sistem Struktur : SRPMK
- h. Mutu Beton : 35 Mpa (beton normal)  
40 Mpa (beton prategang)
- i. Mutu Tulangan : 400 Mpa

### **4.3 Perencanaan Dimensi Balok**

Perencanaan balok induk mengikuti peraturan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.

#### 4.3.1 Balok Induk B1 (7m)

Perencanaan dimensi balok induk memanjang dengan bentang 7 m

$$h \text{ min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700}\right)$$

$$h \text{ min} = \frac{7000}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \text{ min} = 420 \text{ mm}$$

Digunakan tinggi balok 600 mm

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times h$$

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times 600$$

$$b \text{ min} = 400 \text{ mm}$$

Digunakan lebar balok 400 mm

Jadi digunakan dimensi balok induk BI-1 dengan dimensi 40/60 cm

#### 4.3.2 Balok Induk B2 (5m)

Perencanaan dimensi balok induk memanjang dengan bentang 5 m

$$h \text{ min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700}\right)$$

$$h \text{ min} = \frac{5000}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \text{ min} = 300 \text{ mm}$$

Digunakan tinggi balok 500 mm

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times h$$

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times 500$$

$$b \text{ min} = 300 \text{ mm}$$

Digunakan lebar balok 350 mm

Jadi digunakan dimensi balok induk BI-1 dengan dimensi 35/50 cm

#### 4.3.3 Balok Induk B3 (3,5m)

Perencanaan dimensi balok induk memanjang dengan bentang 3,5 m

$$h \text{ min} = \frac{L}{16} \times \left( 0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h \text{ min} = \frac{3500}{16} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h \text{ min} = 210 \text{ mm}$$

Digunakan tinggi balok 400 mm

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times h$$

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times 400$$

$$b \text{ min} = 267 \text{ mm}$$

Digunakan lebar balok 300 mm



Jadi digunakan dimensi balok induk BI-1 dengan dimensi 30/40 cm

#### 4.3.4 Balok Induk B4 (4,5m)

Perencanaan dimensi balok induk melintang dengan bentang 4,5 m

$$h \text{ min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700}\right)$$

$$h \text{ min} = \frac{4500}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \text{ min} = 270 \text{ mm}$$

Digunakan tinggi balok 400 mm

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times h$$

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times 400$$

$$b \text{ min} = 267 \text{ mm}$$

Digunakan lebar balok 300 mm

Jadi digunakan dimensi balok induk BI-1 dengan dimensi 30/40 cm

#### 4.3.5 Balok Induk B5 (4m)

Perencanaan dimensi balok induk melintang dengan bentang 4 m

$$h \text{ min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700}\right)$$

$$h \text{ min} = \frac{4000}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \text{ min} = 240 \text{ mm}$$

Digunakan tinggi balok 400 mm

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times h$$

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times 400$$

$$b \text{ min} = 267 \text{ mm}$$

Digunakan lebar balok 300 mm

Jadi digunakan dimensi balok induk BI-1 dengan dimensi 30/40 cm

#### **4.3.6 Balok Anak BA (4,5m)**

Perencanaan dimensi balok anak dengan bentang 4 m

$$h \text{ min} = \frac{L}{21} \times \left( 0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h \text{ min} = \frac{4500}{16} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h \text{ min} = 205 \text{ mm}$$

Digunakan tinggi balok 350 mm

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times h$$

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \times 350$$

$$b \text{ min} = 250 \text{ mm}$$

Digunakan lebar balok 250 mm

Jadi digunakan dimensi balok induk BI-1 dengan dimensi 25/35 cm

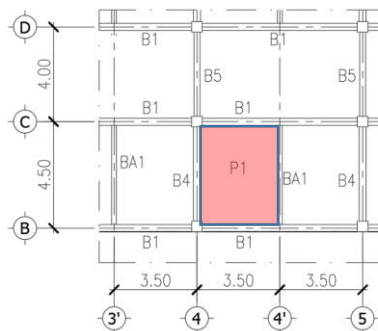
Dari hasil perhitungan dimensi balok di atas, perencanaan dimensi balok induk dapat direkapitulasikan dalam tabel berikut

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok

Tipe Balok	Bentang (cm)	Arah	Lebar (cm)	Tinggi (cm)
B1	700	Memanjang	40	60
B2	500	Memanjang	35	50
B3	350	Memanjang	30	40
B4	450	Melintang	30	40
B5	400	Melintang	30	40
BA	450	Melintang	25	35

#### 4.4 Perencanaan Tebal Pelat

Perencanaan tebal pelat menggunakan perhitungan yang dibagi dalam dua jenis, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.



Gambar 4. 1 Posisi Pelat yang Ditinjau

Pelat diasumsikan hanya menerima beban gravitasi Tumpuan pada sisi pelat diasumsikan sebagai perletakan jepit elastis. Perhitungan dimensi plat berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.

Untuk preliminary pelat, diambil satu macam tipe pelat sesuai pada gambar di atas yaitu pelat tipe P1 dengan tebal rencana 14 cm dan dimensi 350 cm x 450 cm.

Data balok :

$$\text{Balok B1} = 40/60$$

$$\text{Balok B4} = 30/40$$

$$\text{Balok BA} = 25/35$$

$$Ln = Ly - \left( \frac{b \cdot B1}{2} + \frac{b \cdot B1}{2} \right)$$

$$Ln = 450 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right)$$

$$Ln = 410 \text{ cm}$$

Sedangkan untuk  $S_n$ ,

$$S_n = Lx - \left( \frac{b \cdot B4}{2} + \frac{b \cdot BA}{2} \right)$$

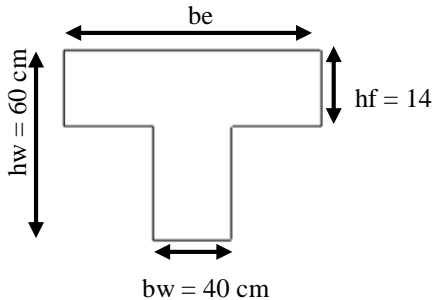
$$S_n = 350 - \left( \frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right)$$

$$S_n = 320 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{410}{320} = 1,28 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

### Kontrol tebal pelat

Pengontrolan tebal pelat dengan menentukan koefisien  $\alpha$  pada tiap-tiap balok yang mengelilingi pelat yang direncanakan.



Gambar 4. 2 Potongan Penampang Balok B1

1. Balok Induk B1 tepi atas (40/60)

$$be1 \leq (0,25L) = (0,25 \times 350) = 87,5 \text{ cm}$$

$$be2 \leq (8hf) + bw = (8 \times 14) + 40 = 152 \text{ cm}$$

$$be3 \leq \left(\frac{ln1}{2} + \frac{ln2}{2}\right) + bw = \left(\frac{410}{2} + \frac{360}{2}\right) + 40 = 425 \text{ cm}$$

Dipilih nilai  $be$  terkecil yaitu 87,5 cm

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \frac{t}{h}}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{87,5}{40} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{14}{60}\right) + 4\left(\frac{14}{60}\right)^2 + \left(\frac{87,5}{40} - 1\right) \times \left(\frac{14}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{87,5}{40} - 1\right) \times \frac{14}{60}}$$

$$K = 1,397$$

Momen inersia balok :

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,406 \times 40 \times 60^3$$

$$I_{balok} = 1006321 \text{ cm}^4$$

Momen inersia pelat :

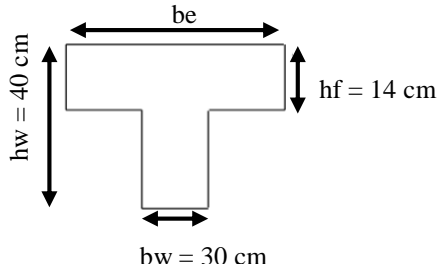
$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times t^3 \times L$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times 14^3 \times 385$$

$$I_{pelat} = 88036,67 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{1006321}{88036,67} = 11,43$$

## 2. Balok Induk B4 tepi kiri (30/40)



Gambar 4. 3 Potongan Penampang Balok B4

$$be1 \leq (0,25L) = (0,25 \times 450) = 112,5 \text{ cm}$$

$$be2 \leq (8hf) + bw = (8 \times 14) + 30 = 142 \text{ cm}$$

$$be3 \leq \left(\frac{ln1}{2} + \frac{ln2}{2}\right) + bw = \left(\frac{325}{2} + \frac{325}{2}\right) + 30 = 350 \text{ cm}$$

Dipilih nilai  $be$  terkecil yaitu 112,5 cm

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \frac{t}{h}}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{112,5}{30} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{14}{40}\right) + 4\left(\frac{14}{40}\right)^2 + \left(\frac{112,5}{30} - 1\right) \times \left(\frac{14}{40}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{112,5}{30} - 1\right) \times \frac{14}{40}}$$

$$K = 1,739$$

Momen inersia balok :

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,739 \times 30 \times 40^3$$

$$I_{balok} = 278327,4 \text{ cm}^4$$

Momen inersia pelat :

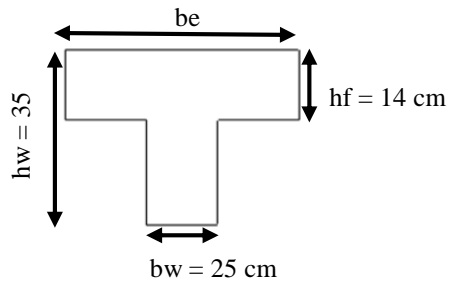
$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times t^3 \times L$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times 14^3 \times 320$$

$$I_{pelat} = 73173,3 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{278327,4}{73173,3} = 3,804$$

### 3. Balok Anak BA tepi kanan 25/35)



Gambar 4. 4 Potongan Penampang Balok BA

$$be1 \leq (0,25L) = (0,25 \times 450) = 112,5 \text{ cm}$$

$$be2 \leq (8hf) + bw = (8 \times 14) + 25 = 142 \text{ cm}$$



$$be_3 \leq \left( \frac{\ln 1}{2} + \frac{\ln 2}{2} \right) + bw = \left( \frac{325}{2} + \frac{325}{2} \right) + 25 = 350 \text{ cm}$$

Dipilih nilai be terkecil yaitu 112,5 cm

$$K = \frac{1 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) \times \left[ 4 - 6 \left( \frac{t}{h} \right) + 4 \left( \frac{t}{h} \right)^2 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) \times \left( \frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) \times \frac{t}{h}}$$

$$K = \frac{1 + \left( \frac{112,5}{25} - 1 \right) \times \left[ 4 - 6 \left( \frac{14}{35} \right) + 4 \left( \frac{14}{35} \right)^2 + \left( \frac{112,5}{25} - 1 \right) \times \left( \frac{14}{35} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{112,5}{25} - 1 \right) \times \frac{14}{35}}$$

$$K = 1,742$$

Momen inersia balok :

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,742 \times 25 \times 35^3$$

$$I_{balok} = 186690 \text{ cm}^4$$

Momen inersia pelat :

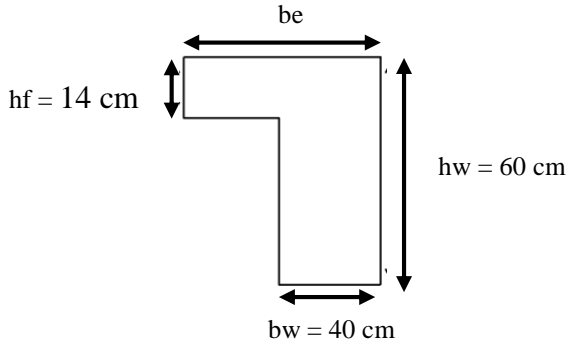
$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times t^3 \times L$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times 14^3 \times 320$$

$$I_{pelat} = 73173,33 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{186690}{73173,33} = 2,55$$

## 4. Balok Induk B1 tepi bawah (40/60)



Gambar 4. 5 Potongan Penampang Balok B1

$$be1 \leq \left(\frac{1}{12}L\right) = \left(\frac{1}{12} \times 350\right) = 29,17 \text{ cm}$$

$$be2 \leq (6hf) + bw = (6 \times 14) + 40 = 124 \text{ cm}$$

$$be3 \leq \left(\frac{ln1}{2} + \frac{ln2}{2}\right) + bw = \left(\frac{0}{2} + \frac{410}{2}\right) + 40 = 245 \text{ cm}$$

Dipilih nilai  $be$  terkecil yaitu 29,5 cm

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \frac{t}{h}}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{29,5}{40} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{14}{60}\right) + 4\left(\frac{14}{60}\right)^2 + \left(\frac{29,5}{40} - 1\right) \times \left(\frac{14}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{29,5}{40} - 1\right) \times \frac{14}{60}}$$

$$K = 0,87$$

Momen inersia balok :

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 0,87 \times 40 \times 60^3$$

$$I_{balok} = 631878,9 \text{ cm}^4$$

Momen inersia pelat :

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times t^3 \times L$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times 14^3 \times 205$$

$$I_{pelat} = 46876,67 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{631878,9}{46876,67} = 13,48$$

Jadi,

$$\alpha m = \frac{11,43 + 3,8 + 2,55 + 13,48}{4} = 7,816$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.3 (c) dimana untuk  $\alpha m > 2$  maka ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h \text{ min} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 9 cm,  $f_y$  diambil 400 Mpa untuk kebutuhan tulangan pelat, maka :

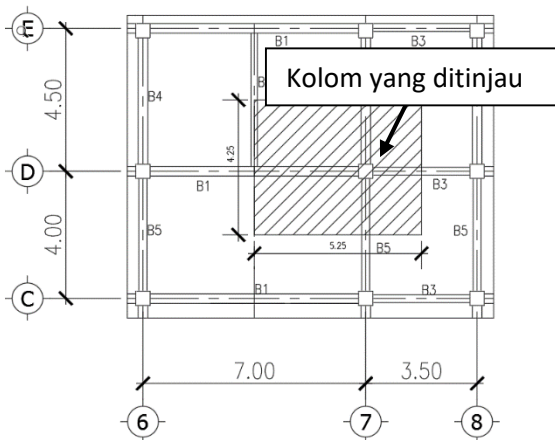
$$h_{min} = \frac{410 \left( 0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9 \times 1,28}$$

$$h_{min} = 9,306 \text{ cm}$$

Jadi pelat lantai dengan ketebalan 14 cm dapat digunakan pada seluruh plat pada struktur baik struktur pelat lantai. Untuk pelat lantai atap menggunakan ketebalan lebih kecil yaitu 10 cm.

#### 4.5 Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 8.10.1 bahwa kolom harus dirancang menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada suatu bentang lantai atau atap bersebelahan yang ditinjau.



Gambar 4. 6 Posisi Kolom yang Ditinjau

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Beban Mati (DL) dan Beban Hidup (LL)  
Total

Beban Lantai Atap						
Beban Mati	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	x	Berat (kg)
Pelat	2400	4,25	5,25	0,1	1	5355
Penggantung	7	4,25	5,25	-	1	156,18
Plafon	11	4,25	5,25	-	1	245,44
Spasi	21	4,25	5,25	-	1	468,56
Ducting Plumbing	30	4,25	5,25	-	1	669,37
Balok B1	2400	0,4	3,5	0,6	1	2016
Balok B3	2400	0,3	1,75	0,4	1	504
Balok B5	2400	0,3	4,25	0,4	1	1224
<b>TOTAL</b>						<b>10638</b>
Beban Hidup	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	x	Berat (kg)
Lantai Atap	96	4,25	5,25	-	1	2142
Beban Hujan	20	4,25	5,25	-	1	446,25
<b>TOTAL</b>						<b>2588,3</b>

Beban Lantai 10						
Beban Mati	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	x	Berat (kg)
Pelat	2400	4,25	5,25	0,14	1	7497
Penggantung	7	4,25	5,25	-	1	156,18
Plafon	11	4,25	5,25	-	1	245,44
Dinding	90	4,25	5,25	4	1	1530
Tegel	24	4,25	5,25	-	1	535,5
Spasi	21	4,25	5,25	-	1	468,56
Ducting Plumbing	30	4,25	5,25	-	1	669,37

Balok B1	2400	0,4	3,5	0,6	1	2016
Balok B3	2400	0,3	1,75	0,4	1	504
Balok B5	2400	0,3	4,25	0,4	1	1224
Kolom	2400	0,6	0,6	4	1	3456
TOTAL						18302
Beban Hidup	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	x	Berat (kg)
Lantai Ballroom	479	4,25	5,25	-	1	10687
TOTAL						10687

Beban Lantai 9-4						
Beban Mati	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	x	Berat (kg)
Pelat	2400	4,25	5,25	0,14	7	52479
Penggantung	7	4,25	5,25	-	7	1093,3
Plafon	11	4,25	5,25	-	7	1718,1
Dinding	90	4,25	5,25	3	7	8032,5
Tegel	24	4,25	5,25	-	7	3748,5
Spasi	21	4,25	5,25	-	7	3279,9
Ducting Plumbing	30	4,25	5,25	-	7	4685,6
Balok B1	2400	0,4	3,5	0,6	7	14112
Balok B3	2400	0,3	1,75	0,4	7	3528
Balok B5	2400	0,3	4,25	0,4	7	8568
Kolom	2400	0,6	0,6	3	7	18144
TOTAL						119389
Beban Hidup	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	x	Berat (kg)
Lantai Ballroom	479	4,25	5,25	-	7	29988
TOTAL						29988

Beban Lantai 3						
Beban Mati	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	x	Berat (kg)
Pelat	2400	4,25	5,25	0,14	1	7497
Penggantung	7	4,25	5,25	-	1	156,18
Plafon	11	4,25	5,25	-	1	245,44
Dinding	90	4,25	5,25	3	1	1147,5
Tegel	24	4,25	5,25	-	1	535,5
Spasi	21	4,25	5,25	-	1	468,56
Ducting Plumbing	30	4,25	5,25	-	1	669,37
Balok B1	2400	0,4	3,5	0,6	1	2016
Balok B3	2400	0,3	1,75	0,4	1	504
Balok B5	2400	0,3	4,25	0,4	1	1224
Kolom	2400	0,6	0,6	3	1	2592
TOTAL						17055,6
Beban Hidup	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	X	Berat (kg)
Lantai Kantor	240	4,25	5,25	-	1	37485
TOTAL						37485

Beban Lantai 2						
Beban Mati	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	x	Berat (kg)
Pelat	2400	4,25	5,25	0,14	1	7497
Penggantung	7	4,25	5,25	-	1	156,18
Plafon	11	4,25	5,25	-	1	245,44
Dinding	90	4,25	5,25	4	1	1530
Tegel	24	4,25	5,25	-	1	535,5
Spasi	21	4,25	5,25	-	1	468,56

Ducting Plumbing	30	4,25	5,25	-	1	669,37
Balok B1	2400	0,4	3,5	0,6	1	2016
Balok B3	2400	0,3	1,75	0,4	1	504
Balok B5	2400	0,3	4,25	0,4	1	1224
Kolom	2400	0,6	0,6	4	1	3456
TOTAL						18302,1
Beban Hidup	Berat Sendiri	b (m)	l (m)	t (m)	X	Berat (kg)
Lantai Kantor	240	4,25	5,25	-	1	10687,7
TOTAL						10687,7

Beban mati total (DL) = 183687 kg

Beban hidup total (LL) = 91436,63 kg

Menurut SNI 1723:2013 Pasal 4.7.2 komponen struktur yang memiliki nilai  $K_{LL}A_T$  adalah  $37,6\text{m}^2$  atau lebih diizinkan untuk dirancang menggunakan beban hidup tereduksi sesuai dengan rumus berikut :

$$K_{LL} \times A_T = 4,25 \times 5,25 = 22,3 \text{ m}^2 < 37,6 \text{ m}^2$$

Jadi tidak perlu direduksi, maka berat total (W)

$$\begin{aligned} W &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= (1,2 \times 183687) + (1,6 \times 91436,63) = 366723 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mutu beton  $f_c$  sebesar 35 Mpa = 350 kg/cm<sup>2</sup> sehingga nilai luas minimal ( $A_{min}$ ) kolom :

$$A_{min} = \frac{W}{0,35f_c'} = \frac{366723}{0,35 \times 350} = 3143,34 \text{ cm}^2$$

$$b = \sqrt{A_{min}} = 56,06 \text{ cm} = 60 \text{ cm}$$



Ukuran dimensi kolom

$$b = 60 \text{ cm} \quad h = 60 \text{ cm}$$

$$A = 60 \times 60 = 3600 \text{ cm}^2 > 2809,46 \text{ cm}^2$$

## **BAB V**

### **PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR**

#### **5.1 Umum**

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 1727:2013 dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

#### **5.2 Pembebanan Gravitasi**

Data-data perencanaan pembebanan yang digunakan yaitu sebagai berikut :

- Input beban sendiri :
  - Mutu beton ( $f_c'$ ) : 35 Mpa
  - Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
  - Ketinggian Lantai
    - Lantai 1 : 3 m
    - Lantai 2 : 4 m
    - Lantai 3-9 : 3 m
    - Lantai 10 : 4 m
    - Rumah lift : 3 m
  - Dimensi Balok
    - B1 : 40 / 60 cm
    - B2 : 35 / 50 cm
    - B3 : 30 / 40 cm
    - B4 : 30 / 40 cm
    - B5 : 30 / 40 cm
    - BA : 25 / 35 cm
  - Dimensi Kolom : 60 / 60 cm
- a. Input beban hidup :

Lantai kantor	: 240 kg/m <sup>2</sup>
Lantai hunian	: 192 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ballroom	: 479 kg/m <sup>2</sup>
Lantai atap	: 96 kg/m <sup>2</sup>
Beban hujan	: 20 kg/m <sup>2</sup>
b. Input beban mati :	
Tegel	: 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi	: 21 kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata ringan	: 90 kg/m <sup>2</sup>
Plafond	: 11 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung plafond	: 7 kg/m <sup>2</sup>
Ducting & Plumbing	: 30 kg/m <sup>2</sup>

Sehingga didapatkan rekapitulasi pembebanan gravitasi secara manual seperti pada tabel berikut :

### 5.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

#### 5.3.1 Faktor Keutamaan Gempa

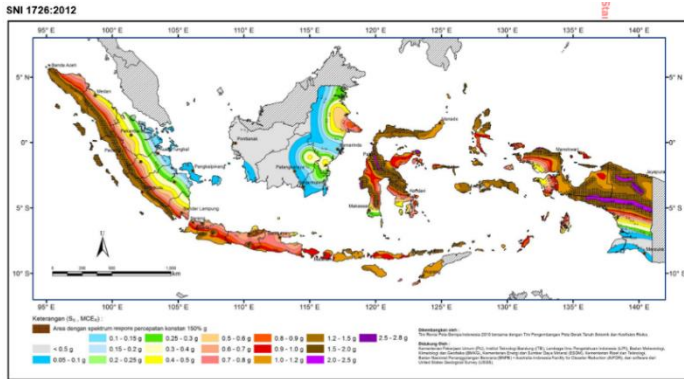
Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan SNI 1726:2012 Tabel 1 dan Tabel 2. Kategori resiko yaitu IV dengan faktor keutamaan gempa (I) 1,00.

#### 5.3.2 Kelas Situs

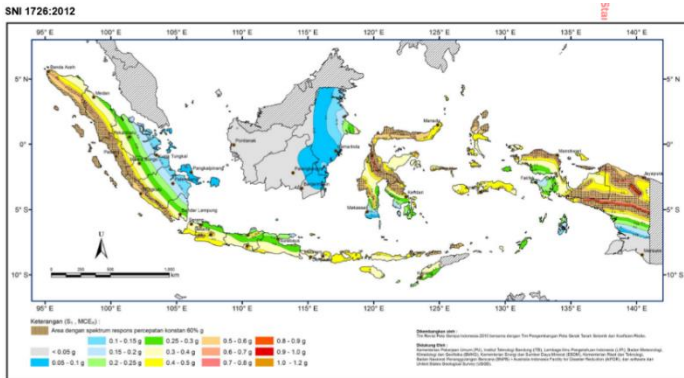
Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan gedung didapatkan berdasarkan nilai N (tes NSPT) yang termasuk dalam kelas situs SE (Tanah Lunak).

### 5.3.3 Parameter Respon Spektral

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 9 - S<sub>s</sub>, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE<sub>d</sub>), kelas situs SB



Gambar 10 - S<sub>s</sub>, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE<sub>d</sub>), kelas situs SE

Gambar 5. 1 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan

S<sub>s</sub>, Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g, Kelas situs SE untuk Daerah Surabaya didapatkan nilai S<sub>s</sub> = 0.663 g.

Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spectral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SE untuk wilayah S1 = 0,247 g.

### 5.3.4 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spectra didesain untuk periode pendek 0,2 detik (SDS) dan periode 1 detik (SD1) adalah sebagai berikut:

$$S_{MS} = Fa Ss = 1,374 \times 0,663 = 0,911$$

$$S_{M1} = Fv S1 = 3,012 \times 0,247 = 0,743$$

Sehingga

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,911 = 0,607$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,743 = 0,496$$

Jadi untuk periode pendek 0.2 detik (Ss) sebesar 0,663 g dan parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk periode 1 detik (S1) sebesar 0,247 g dengan kelas situs SE didapatkan daerah Surabaya memiliki SDS sebesar 0,607 dan SD1 sebesar 0,496.

### 5.3.5 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismic dibagi berdasarkan tabel pada SNI 1726:2012 Tabel 6 dan 7. Untuk SDS sebesar 0,607 dan SD1 sebesar 0,496 dan kategori resiko II, kategori desain seismic tergolong kategori D. Untuk kategori D tipe struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK).

Tabel 5. 1 Kategori Desain Seismik berdasarkan Nilai  $S_{DS}$

Nilai $S_{DS}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 5. 2 Kategori Desain Seismik berdasarkan Nilai  $S_{D1}$

Nilai $S_{D1}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

### 5.3.6 Respon Spektrum Desain

Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \cdot \left( 0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \right)$$

Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spectrum respons percepatan desain

$$S_a = S_{DS}$$

Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dimana

$$T_o = \frac{0,2SD1}{SDS} = 0,163 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} = 0,817 \text{ detik}$$

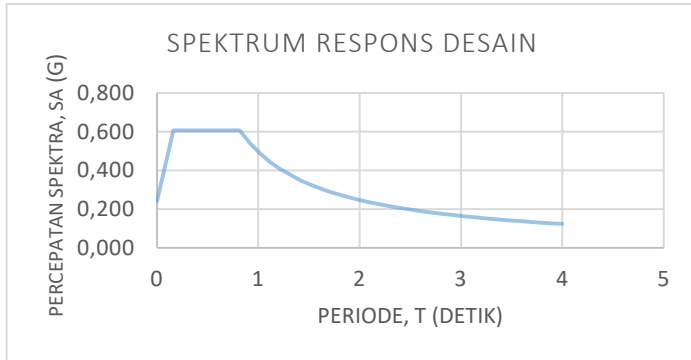
Sehingga didapatkan nilai respon spektrum desain sebagai berikut :

Tabel 5. 3 Respon Spektrum

T (Detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0,243
$T_o$	0,163	0,607
$T_s$	0,817	0,607
$T_s + 0.1$	0,917	0,541
$T_s + 0.2$	1,017	0,488
$T_s + 0.3$	1,117	0,444
$T_s + 0.4$	1,217	0,408
$T_s + 0.5$	1,317	0,377
$T_s + 0.6$	1,417	0,350
$T_s + 0.7$	1,517	0,327
$T_s + 0.8$	1,617	0,307
$T_s + 0.9$	1,717	0,289
$T_s + 1$	1,817	0,273

Ts + 1.1	1,917	0,259
Ts + 1.2	2,017	0,246
Ts + 1.3	2,117	0,234
Ts + 1.4	2,217	0,224
Ts + 1.5	2,317	0,214
Ts + 1.6	2,417	0,205
Ts + 1.7	2,517	0,197
Ts + 1.8	2,617	0,190
Ts + 1.9	2,717	0,183
Ts + 2	2,817	0,176
Ts + 2.1	2,917	0,170
Ts + 2.2	3,017	0,164
Ts + 2.3	3,117	0,159
Ts + 2.4	3,217	0,154
Ts + 2.5	3,317	0,150
Ts + 2.6	3,417	0,145
Ts + 2.7	3,517	0,141
Ts + 2.8	3,617	0,137
Ts + 2.9	3,717	0,133
Ts + 3	3,817	0,130
Ts + 3.1	3,917	0,127
4	4,000	0,124



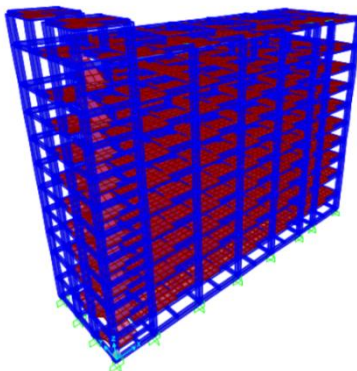


Gambar 5. 2 Respon Spektrum

## 5.4 Analisa Permodelan

### 5.4.1 Permodelan Struktur

Struktur bangunan dengan SRPMK dan balok prategang ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Pemodelan ini dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000.



Gambar 5. 3 Permodelan Struktur dengan Program SAP

### 5.4.2 Kontrol Gaya Gempa Dasar

Kontrol gaya dinamis struktur untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan response spectrum sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726-2012.

Dari analisa modal, didapatkan perioda fundamental alami struktur sebesar 1,49102 detik, sehingga penentuan koefisien  $C_s$  adalah sebagai berikut :

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,075875$$

Tetapi tidak boleh melebihi ;

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,496}{1,49102\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,041582$$

Harus tidak kurang dari ;

$$C_s = 0,044 \cdot SDS \cdot I \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,0269 \geq 0,01$$

Jadi menggunakan  $C_s = 0,026951$

$$W_t = 66300,38 \text{ kN}$$

Tabel 5. 4 Beban Total

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
DEAD	LinStatic	-5,979E-10	-5,116E-10	41767,467
LIVE	LinStatic	-3,714E-10	-9,518E-10	13547,329
KERAMIK	LinStatic	-6,316E-11	-1,456E-10	2211,227
BATA	LinStatic	-6,919E-11	-4,56E-11	6260,713
PLAFON	LinStatic	-1,948E-11	1,956E-11	942,615
DUCT & PLUM	LinStatic	-3,246E-11	3,259E-11	1571,025
total				66300,376

$$V_{static} = C_s \cdot W_t = 0,0269 \times 66300,38 \text{ kN} = 1786,84 \text{ kN}$$

$$0,85 \cdot V_{static} = 0,85 \times 1786,84 \text{ kN} = 1518,821 \text{ kN}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP didapatkan sebesar 2705 kN untuk arah X dan 2045 kN untuk arah Y

Tabel 5. 5 Beban Gempa X dan Gempa Y

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	KN	KN
EQ X	LinRespSpec	Max	2705,103	614,464
EQ Y	LinRespSpec	Max	812,776	2044,813

Gempa arah x = 2705 kN > 1518,8 kN (Sudah Memenuhi)

Gempa arah y = 2045 kN > 1518,8 kN (Sudah Memenuhi)

### 5.4.3 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t \times H_n^x$$

Keterangan :

$H_n$  adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari tabel berikut

Tabel 5. 7 Nilai  $C_u$

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 5. 6 Nilai  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa.		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

Periode fundamental struktur pendekatan,

$$T_a = 0,0466 \times 35^{0,9}$$

$$T_a = 0,0466 \times 24,527$$

$$T_a = 1,143002$$

Dengan batas atas perioda fundamental sebesar,

$$T_a \text{ atas} = C_u \times T_a$$

$$C_u = 1,4 \text{ (karena } SD1 \geq 0,4)$$

$$T_a \text{ atas} = 1,4 \times 1,143002 = 1,600203 \text{ detik}$$

$$T = 1,49102 \text{ detik}$$

Sehingga perioda fundamental struktur yang ditunjukkan oleh tabel sebesar 1,49102 detik sudah masuk dalam kisaran :

$$1,143 \text{ detik} < 1,49102 \text{ detik} < 1,6002 \text{ detik}$$

#### 5.4.4 Kontrol Simpangan Antar Struktur

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar lantai perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis,  $\delta_{xe}$  dari analisis struktur. Setelah itu nilai  $\delta_{xe}$  dikalikan dengan faktor pembesaran  $C_d/I_e$ . Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat di bawahnya.

Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut berdasarkan SNI 03-1726-2012. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Keterangan :

$C_d$  = faktor amplifikasi defleksi tabel 9 SNI 1726-2012

$\delta_x$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini

Ie = faktor keutamaan gempa yang ditentukan

Tabel 5. 8 Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}$ <sup>o</sup>	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>o</sup>	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Maka didapatkan :

Cd = 5,5

$\Delta$ ijin = 0,02 h<sub>sx</sub>

Berikut adalah hasil evaluasi simpangan antar lantai pada sumbu X dan sumbu Y dengan menggunakan program bantu SAP.

Tabel 5. 9 Simpangan Antar Lantai Gempa X

Dari SAP (Gempa X U1 yang 100%)							
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta_e$ (mm)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
11	35,00	3,00	23,54	0,57	3,14	60	OK
10	32,00	4,00	22,97	1,12	6,16	80	OK
9	28,00	3,00	21,85	1,09	5,98	60	OK
8	25,00	3,00	20,76	1,47	8,09	60	OK
7	22,00	3,00	19,29	1,87	10,28	60	OK
6	19,00	3,00	17,42	2,23	12,26	60	OK
5	16,00	3,00	15,19	2,55	14,03	60	OK
4	13,00	3,00	12,64	2,84	15,62	60	OK
3	10,00	3,00	9,80	3,18	17,50	60	OK
2	7,00	4,00	6,62	4,80	26,39	80	OK
1	3,00	3,00	1,82	1,82	10,00	60	OK

Tabel 5. 10 Simpangan Antar Lantai Gempa Y

Dari SAP (Gempa Y U2 yang 100%)							
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta_e$ (mm)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
11	35,00	3,00	25,69	0,90	4,96	60	OK
10	32,00	4,00	24,78	1,49	8,20	80	OK
9	28,00	3,00	23,29	1,42	7,80	60	OK
8	25,00	3,00	21,87	1,79	9,85	60	OK
7	22,00	3,00	20,08	2,17	11,93	60	OK
6	19,00	3,00	17,91	2,51	13,82	60	OK
5	16,00	3,00	15,40	2,82	15,50	60	OK
4	13,00	3,00	12,58	3,08	16,96	60	OK
3	10,00	3,00	9,50	3,32	18,28	60	OK
2	7,00	4,00	6,18	4,50	24,76	80	OK
1	3,00	3,00	1,67	1,67	9,20	60	OK

## **BAB VI**

### **PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER**

#### **6.1 Umum**

Struktur gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur utama (primer) dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian dari struktur sekunder antara lain meliputi tangga, pelat lantai, balok lift dan balok anak. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur pelat, balok anak, balok lift, tangga dan balok bordes.

#### **6.2 Perencanaan Pelat**

Pelat yang direncanakan dibagi menjadi dua, yaitu pelat atap dan pelat lantai. Seperti yang telah dijelaskan pada bab preliminary desain, tipe pelat direncanakan dengan ketebalan 14 cm untuk pelat lantai dan 10 cm untuk pelat atap. Untuk contoh perhitungan pada sub-bab ini menggunakan pelat lantai dimensi 350/450.

##### **6.2.1 Data Perencanaan**

Data perencanaan pelat meliputi mutu bahan dan tulangan yang akan direncanakan, dimensi dan pembebanan yang terjadi di area pelat baik untuk pelat atap ataupun pelat lantai.

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 35 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 390 Mpa
- Tebal pelat lantai : 14 cm
- Tebal pelat atap : 10 cm



- Diameter tul. Rencana : 13 mm

### 6.2.2 Pembebanan Pelat

Beban yang dominan bekerja pada struktur plat lantai adalah beban mati dan beban hidup.

#### 1. Beban Mati

Tabel 6. 1 Beban Mati dan Beban Hidup Pelat

Beban Mati	Berat	Satuan
Pelat 14 cm	336	Kg/m <sup>2</sup>
Spesi	21	Kg/m <sup>2</sup>
Tegel	24	Kg/m <sup>2</sup>
Plafond	11	Kg/m <sup>2</sup>
Penggantung	7	Kg/m <sup>2</sup>
Duct & Plumb	30	Kg/m <sup>2</sup>
Total	429	Kg/m <sup>2</sup>

#### 2. Beban Hidup

Berdasarkan pada (SNI 1727-2013) , beban hidup pada gedung adalah sebagai berikut :

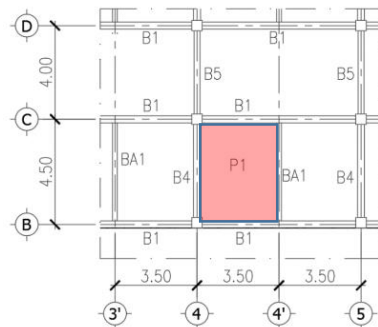
Beban hall (lobby)	: 424 kg/m <sup>2</sup>
Beban ruang kelas	: 192 kg/m <sup>2</sup>
Beban ruang computer	: 424 kg/m <sup>2</sup>
Beban ruang baca	: 287 kg/m <sup>2</sup>
Beban ruang kantor	: 240 kg/m <sup>2</sup>
Beban panggung pertemuan	: 479 kg/m <sup>2</sup>
Beban laboratorium	: 287 kg/m <sup>2</sup>
Beban koridor lt 1	: 479 kg/m <sup>2</sup>
Beban koridor lt 2 keatas	: 383 kg/m <sup>2</sup>
Beban gudang	: 600 kg/m <sup>2</sup>
Beban ruang lain-lain	: 192 kg/m <sup>2</sup>

### 3. Beban Ultimate

Untuk perhitungan plat, dipakai menggunakan beban hidup yang terbesar, yakni beban hidup ruang pertemuan yaitu  $479 \text{ kg/m}^2$ , sehingga:

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &= (1,2 \times 429) + (1,6 \times 479) \\ &= 1281,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

### 6.2.3 Perhitungan Penulangan Pelat



Gambar 6. 1 Posisi Pelat yang Ditinjau

Adapun data-data perencanaan untuk penulangan pelat lantai yaitu :

- Dimensi pelat =  $350 \times 450 \text{ cm}^2$
- $\beta = 1,28$  (pelat dua arah)
- Tebal pelat =  $14 \text{ cm}$
- Tebal decking =  $4 \text{ cm}$
- Diameter tulangan =  $13 \text{ mm}$
- As tulangan =  $\frac{1}{4} \pi d^2 = 132,665 \text{ mm}^2$
- Mutu beton ( $f_c$ ) =  $35 \text{ Mpa}$

- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- $\beta_1$  = 0,79



Gambar 6. 2 Potongan Penampang Pelat

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat (h) - decking - (1/2 diameter tulangan)} \\ &= 140 - 40 - 6,5 \\ &= 93,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat (h) - decking - diameter tulangan - (1/2} \\ &\quad \text{diameter tulangan)} \\ &= 140 - 40 - 13 - 6,5 \\ &= 80,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

Dimana :

$M_{lx}$  = Momen lapangan arah x

$M_{ly}$  = Momen lapangan arah y

$M_{tx}$  = Momen tumpuan arah x

$M_{ty}$  = Momen tumpuan arah y

$X$  = Nilai konstanta dari perbandingan  $L_y/L_x$

## 1. Perhitungan Penulangan Arah X

### a. Tumpuan

$$- M_{tx} = 0,001 \times q_U \times L_x^2 \times X$$

$$= 0,001 \times 1281,2 \times 350^2 \times 69$$

$$= 1082,93 \text{ kgm}$$

- $Mn = Mtx / 0,75$   
 $= 1443,9124 \text{ kgm}$   
 $= 14439124 \text{ Nmm}$
- $Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{14439124}{1000 \times 93,5^2} = 1,6516$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
 $= \frac{0,85 \times 0,79 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$   
 $= 0,0354$
- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,065$
- $\rho_{\min} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{400}$   
 $= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400}$   
 $= 0,00369$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$
- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$   
 $= \frac{1}{13,109244} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109244 \times 1,6516}{400}} \right)$   
 $= 0,00425$

Maka dipakai  $\rho = 0,00425$

- $A_{S\text{perlu}} = \rho \times b \times d$   
 $= 0,00425 \times 1000 \times 93,5$   
 $= 397,43 \text{ mm}^2$
- $n = A_{S\text{perlu}} / A_{S\text{tulangan}}$   
 $= 3 / 132,665$   
 $= 4$

- $A_{S_{pasang}} = n \times A_s$   
 $= 4 \times 132,665$   
 $= 530,66 \text{ mm}^2 > 407,62 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$
- Kontrol jarak tulangan  
 Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:  
 $150 \text{ mm} < 2 \cdot t_{plat} \rightarrow 150 \text{ mm} < 2.140 \text{ mm}$   
 $150 \text{ mm} < 280 \text{ mm} \text{ (OK)}$
- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak  
 Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.  
 Syarat :  $s = 300 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 \times cc$  dan tidak melebihi  $s_{max} = 300 \times \frac{280}{f_s}$   
 $f_s = \frac{2}{3} f_y = 266,67 \text{ Mpa}$   
 dengan cc merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga  $cc = 40 \text{ mm}$   
 $s = 300 \times \frac{280}{266,67} - 2,5 \times 40 = 215 \text{ mm}$   
 $s_{max} = 300 \times \frac{280}{266,67} = 315 \text{ mm}$   
 jarak antar tulangan =  $150 \text{ mm} < 215 \text{ mm} \text{ (OK!)}$

Jadi digunakan tulangan D13-150 mm

b. Lapangan

- $M_{lx} = 0,001 \times q_U \times L_x^2 \times X$   
 $= 0,001 \times 1281,2 \times 350^2 \times 31$   
 $= 486,5357 \text{ kgm}$
- $M_n = M_{tx} / 0,75$   
 $= 648,71427 \text{ kgm}$   
 $= 6487142,7 \text{ Nmm}$

$$\begin{aligned}
- R_n &= \frac{Mn}{b \cdot d x^2} = \frac{6487142,7}{1000 \times 93,5^2} = 0,742045 \\
- \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= \frac{0,85 \times 0,79 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
&= 0,0367 \\
- \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,027 \\
- \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\
&= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\
&= 0,00379 \\
- m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,109244 \\
- \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{13,109244} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109244 \times 0,742045}{400}} \right) \\
&= 0,001927
\end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,00379$

$$\begin{aligned}
- A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
&= 0,00379 \times 1000 \times 93,5 \\
&= 354,58555 \text{ mm}^2 \\
- n &= A_{S_{\text{perlu}}} / A_{S_{\text{tulangan}}} \\
&= 354,585 / 132,665 \\
&= 3 \\
- A_{S_{\text{pasang}}} &= n \times A_s \\
&= 3 \times 132,665 \\
&= 397,995 \text{ mm}^2 > 354,585 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
- \text{Kontrol jarak tulangan} & \\
&\text{Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2,} \\
&\text{disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang}
\end{aligned}$$

kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}} \rightarrow 150 \text{ mm} < 2.140 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 280 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :  $s = 300 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 \times cc$  dan tidak melebihi  $s_{\text{max}} = 300 \times \frac{280}{f_s}$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = 266,67 \text{ Mpa}$$

dengan cc merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga  $cc = 40 \text{ mm}$

$$s = 300 \times \frac{280}{266,67} - 2,5 \times 40 = 215 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} = 300 \times \frac{280}{266,67} = 315 \text{ mm}$$

jarak antar tulangan =  $150 \text{ mm} < 215 \text{ mm}$  (OK!)

Jadi digunakan tulangan D13-150 mm

## 2. Perhitungan Penulangan Arah Y

### a. Tumpuan

- $M_{ty} = 0,001 \times q_U \times L_x^2 \times X$   
 $= 0,001 \times 1281,2 \times 350^2 \times 57$   
 $= 894,5979 \text{ kgm}$
- $M_n = M_{tx} / 0,75$   
 $= 1192,7972 \text{ kgm}$   
 $= 11927972 \text{ Nmm}$
- $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{11927972}{1000 \times 93,5^2} = 1,3644053$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
 $= \frac{0,85 \times 0,79 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$   
 $= 0,0367$

$$\begin{aligned}
 - \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,027 \\
 - \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\
 &= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\
 &= 0,00379 \\
 - m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,109244 \\
 - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,109244} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109244 \times 1,3644}{400}} \right) \\
 &= 0,0035826
 \end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,00379$

$$\begin{aligned}
 - A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00379 \times 1000 \times 93,5 \\
 &= 354,585 \text{ mm}^2 \\
 - n &= A_{S_{\text{perlu}}} / A_{S_{\text{tulangan}}} \\
 &= 354,585 / 132,665 \\
 &= 3 \\
 - A_{S_{\text{pasang}}} &= n \times A_s \\
 &= 3 \times 132,665 \\
 &= 397,995 \text{ mm}^2 > 354,585 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
 - \text{Kontrol jarak tulangan} \\
 &\text{Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2,} \\
 &\text{disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang} \\
 &\text{kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab,} \\
 &\text{sehingga:} \\
 &200\text{mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}} \rightarrow 200\text{mm} < 2.140\text{mm} \\
 &200\text{mm} < 280\text{mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$



- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak  
Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.  
Syarat :  $s = 300 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 \times cc$  dan tidak melebihi  $s_{max} = 300 \times \frac{280}{f_s}$   
 $f_s = 2/3 f_y = 266,67 \text{ Mpa}$   
dengan cc merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga  $cc = 40 \text{ mm}$   
 $s = 300 \times \frac{280}{266,67} - 2,5 \times 40 = 215 \text{ mm}$   
 $s_{max} = 300 \times \frac{280}{266,67} = 315 \text{ mm}$   
jarak antar tulangan =  $200 \text{ mm} < 215 \text{ mm}$  (OK!)

Jadi digunakan tulangan D13-200 mm

b. Lapangan

- $M_{ly} = 0,001 \times q_U \times L_x^2 \times X$   
 $= 0,001 \times 1281,2 \times 350^2 \times 19$   
 $= 298,199 \text{ kgm}$
- $M_n = M_{tx} / 0,75$   
 $= 397,59907 \text{ kgm}$   
 $= 3975990,7 \text{ Nmm}$
- $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{3975990,7}{1000 \times 93,5^2} = 0,4548018$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
 $= \frac{0,85 \times 0,79 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 390} \right)$   
 $= 0,0367$
- $\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,027$
- $\rho_{min} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y}$   
 $= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400}$   
 $= 0,00379$

$$\begin{aligned}
 - \quad m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,109244 \\
 - \quad \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,109244} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109244 \times 0,4548018}{400}} \right) \\
 &= 0,0011752
 \end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,00379$

- $A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$   
 $= 0,00379 \times 1000 \times 93,5$   
 $= 354,58555 \text{ mm}^2$
- $n = A_{S_{\text{perlu}}} / A_{S_{\text{tulangan}}}$   
 $= 354,585 / 132,665$   
 $= 3$
- $A_{S_{\text{pasang}}} = n \times A_s$   
 $= 3 \times 132,665$   
 $= 397,995 \text{ mm}^2 > 354,585 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$
- Kontrol jarak tulangan  
 Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:  
 $200 \text{ mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}} \rightarrow 200 \text{ mm} < 2 \cdot 140 \text{ mm}$   
 $200 \text{ mm} < 280 \text{ mm} \text{ (OK)}$
- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak  
 Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.  
 Syarat :  $s = 300 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 \times cc$  dan tidak melebihi  $s_{\text{max}} = 300 \times \frac{280}{f_s}$   
 $f_s = 2/3 f_y = 266,67 \text{ Mpa}$

dengan cc merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga  $cc = 40 \text{ mm}$

$$s = 300 \times \frac{280}{266,67} - 2,5 \times 40 = 215 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \times \frac{280}{266,67} = 315 \text{ mm}$$

jarak antar tulangan =  $200 \text{ mm} < 215 \text{ mm}$  (OK!)

Jadi digunakan tulangan D13-200 mm

### 6.2.4 Rekapitulasi Penulangan Pelat

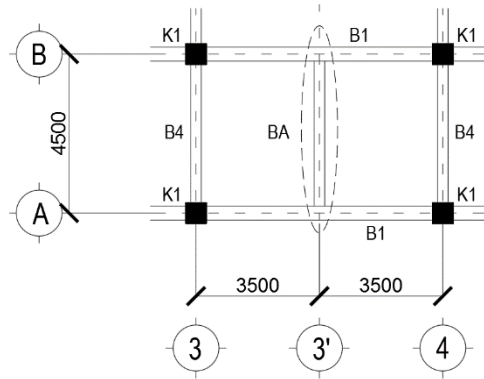
Dengan cara perhitungan yang sama, berikut adalah rekapitulasi penulangan seluruh tipe pelat.

Tabel 6. 2 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Pelat	Tulangan Arah X		Tulangan Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
350/450	D13-150	D13-150	D13-200	D13-200
400/700	D13-150	D13-150	D13-200	D13-200
400/500	D13-150	D13-150	D13-200	D13-200
450/500	D13-150	D13-150	D13-200	D13-200

### 6.3 Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Struktur balok anak yang dihitung pada bab ini merupakan balok yang mengalami gaya dalam terbesar.



Gambar 6. 3 Posisi Balok Anak yang Ditinjau

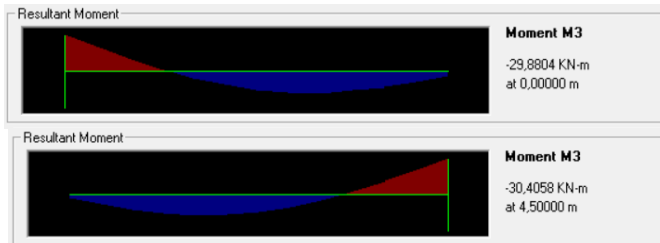
### 6.3.1 Data Perencanaan

Data perencanaan balok anak meliputi mutu bahan, dimensi, bentang, diameter tulangan yang akan direncanakan, dan juga gaya dalam yang terjadi pada balok anak.

- c. Mutu bahan ( $f_c'$ ) = 35 MPa
- d. Mutu baja = 400 MPa ( $f_{yl}$ )
- e. Bentang ( $L$ ) = 4500 mm
- f. Bentang bersih ( $L_n$ ) = 3900 mm
- g. Lebar ( $b$ ) = 250 mm
- h. Tinggi ( $h$ ) = 350 mm
- i. Selimut ( $t$ ) = 50 mm
- j. Tulangan lentur = 19 mm
- k. Tulangan geser = 10 mm
- l. Tulangan torsi = 10 mm

### 6.3.2 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Longitudinal

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000.



Gambar 6. 4 Momen Tumpuan Balok Anak

Momen tumpuan maksimum = 33,52 kNm



Gambar 6. 5 Momen Lapangan Balok Anak

Momen lapangan maksimum = 26,47 kNm

#### 6.2.6.1 Perhitungan tulangan tumpuan

Untuk  $f_c' = 35$  MPa, maka  $\beta = 0,8375$  berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 10.2.7.3)

$$M_u = 30,4058 \text{ kNm}$$

$$M_n = 33,7842 \text{ kNm} = 33784222 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 280,5 = 198 \text{ mm}$$

$$X_r \leq 0,75 X_b = 148,5 \text{ mm}$$

Ambil  $X_r = 100 \text{ mm}$

$$Asc = \frac{0,85 \times \beta \times f_c \times b \times x}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35 \times 250 \times 100}{400}$$

$$= 1557,227 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = Asc \times f_y \times \left( d - \frac{\beta \cdot x}{2} \right)$$

$$= 1557,34 \times 400 \times \left( 277,5 - \frac{0,8375 \cdot 100}{2} \right)$$

$$= 148637275,4 \text{ Nmm}$$

$Mn - Mnc = -114853053 \text{ Nmm} < 0$  maka tidak perlu tulangan tekan, digunakan perhitungan tulangan tunggal :

$$- Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{33784222}{250 \times 277,5^2} = 1,717 \text{ N/mm}^2$$

$$- \rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ = \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ = 0,0374$$

$$- \rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,028$$

$$- \rho_{\min} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\ = 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\ = 0,0037$$

$$- m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$- \rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,717}{400}} \right) \\ = 0,0043$$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$  (memenuhi)

➤ Tulangan tumpuan atas

$$\begin{aligned} - \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0043 \times 250 \times 280,5 \\ &= 310,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - n &= \text{As perlu} / \text{As tul} \\ &= 310,34 / 283,39 \\ &= 1,09 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ Tulangan tumpuan bawah

$$\begin{aligned} - \text{As min} &= 0,5 \text{ As perlu} \\ &= 155,17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - n &= \text{As min} / \text{As tul} \\ &= 155,17 / 283,39 \\ &= 0,6 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2.t - 2\phi_{\text{seengkang}} - n.\phi_{\text{tulangan utama}}}{n-1} \\ &= \frac{250 - 2.50 - 2.10 - 2.9,5}{2-1} \\ &= 92 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan

$$\begin{aligned} - d \text{ aktual} &= 280,5 \text{ mm} \\ - \text{As aktual} &= 2 \times \text{As D19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 566,77 \text{ mm}^2 \\
 - \quad a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} \\
 &= \frac{566,77 \times 400}{0,85 \times 35 \times 250} \\
 &= 30,48 \text{ mm}^2 \\
 - \quad Mn &= 0,85 \times fc \times a \times b \times \left( d \text{ aktual} - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \times 35 \times 30,48 \times 250 \times \left( 280,5 - \frac{30,5}{2} \right) \\
 &= 60136365,95 \text{ Nmm} > 33784222 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### 6.2.6.2 Perhitungan tulangan lapangan

Untuk  $fc' = 35 \text{ MPa}$ , maka  $\beta$  Untuk  $fc' = 35 \text{ MPa}$ , maka  $\beta = 0,8375$  berdasarkan SNI 2847 – 2013 Ps. 10.2.7.3)

$$Mu = 22,8866 \text{ kNm}$$

$$Mn = 25,4295 \text{ kNm} = 25429555,56 \text{ Nmm}$$

$$Xb = \frac{600}{600 + fy} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 280,5 = 168,3 \text{ mm}$$

$$Xr \leq 0,75 Xb = 126,225 \text{ mm}$$

Ambil  $Xr = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 Asc &= \frac{0,85 \times \beta \times fc \times b \times x}{fy} = \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35 \times 250 \times 100}{400} \\
 &= 1557,226 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mnc &= Asc \times fy \times \left( d - \frac{\beta \cdot x}{2} \right) \\
 &= 1557,23 \times 400 \times \left( 280,5 - \frac{0,8375 \cdot 100}{2} \right) \\
 &= 148637275,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



$M_n - M_{nc} = -123207720 \text{ Nmm} < 0$  maka tidak perlu tulangan tekan, digunakan perhitungan tulangan tunggal :

$$\begin{aligned}
 - R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{25429555,56}{250 \times 280,5^2} = 1,29 \text{ N/mm}^2 \\
 - \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,037 \\
 - \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,028 \\
 - \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\
 &= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\
 &= 0,00369 \\
 - m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445 \\
 - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,299}{400}} \right) \\
 &= 0,0033
 \end{aligned}$$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$  (tidak memenuhi, maka pakai  $\rho_{\min}$ )

➤ Tulangan tumpuan atas

$$\begin{aligned}
 - A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0033 \times 250 \times 280,5 \\
 &= 259,3 \text{ mm}^2 \\
 - n &= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ tul} \\
 &= 259,3 / 283,385 \\
 &= 0,91 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Tulangan tumpuan bawah
  - As min = 0,5 As perlu
 
$$= 129,6 \text{ mm}^2$$
  - n = As min / As tul
 
$$= 129,6 / 283,385$$

$$= 0,46 \approx 2 \text{ buah}$$

➤ Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{bw - 2.t - 2\phi_{seengkang} - n.\phi_{tulangan \text{ utama}}}{n-1} \\
 &= \frac{250 - 2.50 - 2.10 - 2.9,5}{2-1} \\
 &= 92 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan

- d aktual = 280,5 mm
- As aktual = 2 x As D19
 
$$= 566,77 \text{ mm}^2$$
- a = 
$$\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b}$$

$$= \frac{566,77 \times 400}{0,85 \times 35 \times 250}$$

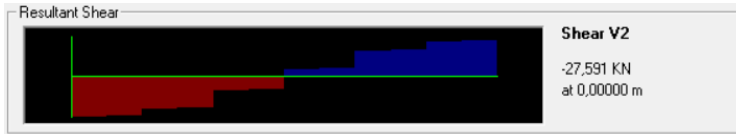
$$= 30,48 \text{ mm}^2$$
- Mn = 
$$0,85 \times fc \times a \times b \times \left( d \text{ aktual} - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \times 35 \times 30,48 \times 250 \times \left( 280,5 - \frac{30,5}{2} \right)$$

$$= 60136365 \text{ Nmm} > 25429555,56 \text{ Nmm}$$

### 6.3.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal

Untuk perhitungan tulangan transversal dipakai gaya geser ultimate ( $V_u$ ). Nilai  $V_u$  diambil sejarak  $d$  dari muka tumpuan sesuai Pasal 11.1.3.1 SNI 2847 – 2013.



Gambar 6. 6 Gaya Geser Balok Anak

$$V_u = 27,591 \text{ kN} = 27591 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_u' &= \frac{V_u}{2} \cdot \left( \frac{L}{2} - d \right) \\ &= \frac{27,591}{2} \cdot \left( \frac{4500}{2} - 280,5 \right) \\ &= 24,15 \text{ kN} = 24151,32 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = 70527,0661 \text{ N}$$

$$0,5\phi V_c = 24010 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 48020,295 \text{ N}$$

- Cek kondisi persyaratan geser
  - $V_u < 0,5\phi V_c$   
 $24151,32 \text{ N} > 24010 \text{ N}$  (tidak memenuhi )
  - $0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$   
 $24010 \text{ N} < 24151,32 \text{ N} < 48020,295 \text{ N}$  (memenuhi ;  
 tulangan geser minimum )
- Perhitungan tulangan

Direncanakan tulangan geser dengan diameter 10mm  
dengan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \text{ tulangan geser} \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi :

$$S \text{ maks} \leq d / 2 = 140,2 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipasang jarak 120 mm

Cek syarat minimum tulangan

Syarat tulangan geser minimum ditentukan berdasarkan  
SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.6.3

$$A_{s_{min}} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{250 \times 120}{3 \times 400} = 25 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 157 \text{ mm}^2 > A_s \text{ min (memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan geser 2 kaki  $\emptyset 10 - 120 \text{ mm}$

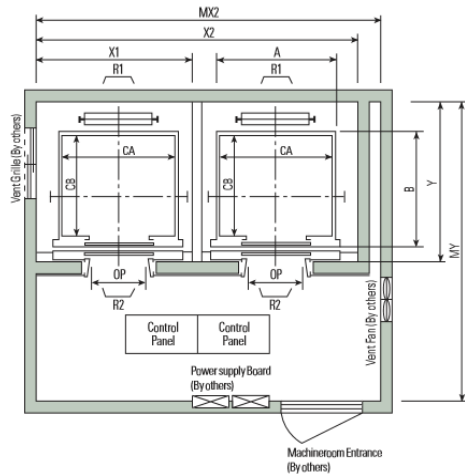
## 6.4 Perencanaan Balok Lift

Pada perancangan lift ini meliputi balok – balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai.

### 6.4.1 Data Perencanaan

- Data Spesifikasi Lift
- Merk = Hyundai Elevator
- Tipe = LUXEN (Center Open)
- Kecepatan = 2,0 m/s
- Kapasitas = 1150 kg
- Lebar pintu (OP) = 1000 mm
- Dimensi Sangkar :
  - Internal = CA = 1800 mm
  - = CB = 1500 mm
  - External = A = 1900 mm

- = B = 1670 mm
- Dimensi Ruang Luncur (Hoistway) :
    - X1 = 2450 mm
    - X2 = 5000 mm
    - Y = 2250 mm
  - Dimensi Ruang Mesin :
    - MX1 = 5000 mm
    - MX2 = 2750 mm
    - MY = 4450 mm
  - Beban Reaksi :
    - R1 = 13080 kg
    - R2 = 7150 kg



Gambar 6. 7 Dimensi Lift

Data balok lift :

- Mutu bahan ( $f_c'$ ) = 35 MPa
- Mutu baja = 400 MPa
- Bentang = 4500 mm
- Lebar (b) = 300 mm
- Tinggi (h) = 400 mm
- Selimut (t) = 50 mm
- Tulangan lentur = 16 mm
- Tulangan geser = 10 mm
- d =  $400 - 50 - 10 - 16/2 = 332$  mm

#### 6.4.2 Pembebanan

Pembebanan pada balok lift diperhitungkan sebagai berikut :

Beban Mati (DL)

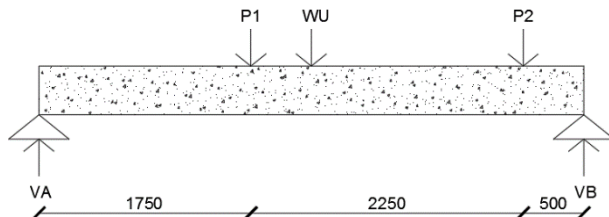
$$\text{Berat balok lift} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat 14 cm} = 0,14 \times 1,75 \times 2400 = 588 \text{ kg/m}$$

$$W_u = 1,2 \text{ DL} = 1,2 \times (288+588) \text{ kg/m} = 1051,2 \text{ kg/m}$$

$$P1 = R1/2 = 6540 \text{ kg}$$

$$P2 = R2/2 = 3575 \text{ kg}$$



Gambar 6. 8 Permodelan Gaya pada Balok Lift

$$\Sigma MB = 0$$

$$Va.L - P1.L - P2.L - qDL \cdot \frac{1}{2}L = 0$$

$$Va.L = P1.L + P2.L + qDL \cdot \frac{1}{2}L$$

$$Va.L = 17985 + 1787,5 + 2365,2$$

$$Va = \frac{22137,7}{4,5} = 4919,49 \text{ kg}$$

$$Vb = P1 + P2 + (Qu.L) - Va$$

$$Vb = 6540 + 3575 + 4730,4 - 4919,49 = 9925,9 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol} = 6540 + 3575 + 4730,4 - 4919,5 - 9925,9 = 0$$

Distribusi beban terpusat P pada setiap perletakan :

$$V_{AP1} = 6540 \times \frac{2,75}{4,5} = 3996,67 \text{ kg}$$

$$V_{BP1} = 6540 - 3996,67 = 2543,3 \text{ kg}$$

$$V_{AP2} = 3575 \times \frac{0,5}{4,5} = 397,2 \text{ kg}$$

$$V_{BP2} = 3575 - 397,2 = 3177,78 \text{ kg}$$

$$D_{AB} = 0$$

$$P1 - Qu.L - V_{AP1} - V_{AP2} = 0$$

$$6540 - 1051,3.L - 3996,67 - 397,2 = 0$$

$$L = 2,04 \text{ m dari titik A}$$

$$Mu = \frac{1}{8} \times Qu \times L^2 + V_{AP1} \times L + V_{AP2} \times L$$

$$Mu = 2660,85 + 8159,52 + 810,96 = 11631,3 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} \times Qu \times L + V_{AP1} + V_{AP2}$$

$$Vu = 2365,2 + 3996,67 + 397,2 = 6759,09 \text{ kg}$$

### 6.4.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Longitudinal

Untuk  $f_c' = 35$  MPa, maka  $\beta = 0,8375$  berdasarkan SNI 2847 – 2013 Ps. 10.2.7.3)

$$Mu = 11631,33 \text{ kgm} = 116313349 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} - R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{116313349}{0,8 \times 300 \times 332^2} = 4,39 \text{ N/mm}^2 \\ - \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,03873 \\ - \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,02803 \\ - \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\ &= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\ &= 0,003698 \\ - m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445 \\ - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 4,39}{400}} \right) \\ &= 0,0119 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$  (memenuhi)

➤ Tulangan tarik

$$\begin{aligned} - \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0119 \times 300 \times 332 \\ &= 1190,47 \text{ mm}^2 \\ - n &= \text{As perlu} / \text{As tul} \end{aligned}$$



$$= 1190,47 / 200,96$$

$$= 5,9 \approx 6 \text{ buah}$$

➤ Tulangan tekan

- As min = 0,5 As perlu

$$= 595,24 \text{ mm}^2$$

- n = As min / As tul

$$= 595,24 / 200,96$$

$$= 2,96 \approx 3 \text{ buah}$$

➤ Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$S = \frac{bw - 2.t - 2\phi_{seengkang} - n.\phi_{tulangan \text{ utama}}}{n-1}$$

$$= \frac{300 - 2.50 - 2.10 - 2.16}{6-1}$$

$$= 29,6 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

➤ Kontrol kekuatan

- d aktual = 280,5 mm

- As aktual = 6 x As D16

$$= 1205,76 \text{ mm}^2$$

- a =  $\frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$

$$= \frac{1205,76 \times 400}{0,85 \times 35 \times 300}$$

$$= 54,04 \text{ mm}^2$$

- Mn =  $0,85 \times f_c \times a \times b \times \left(d \text{ aktual} - \frac{a}{2}\right)$

$$= 0,85 \times 35 \times 54,04 \times 300 \times \left(322 - \frac{54,04}{2}\right)$$

$$= 147093155 \text{ Nmm} > 129237054,9 \text{ Nmm}$$

#### 6.4.4 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal

- $V_u = 42464 \text{ N}$
- $V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b \times d = 98206,9 \text{ N}$
- Cek kondisi persyaratan geser
- $V_u < 0,5\phi V_c$   
 $42464 \text{ N} > 36827,6 \text{ N}$  ( tidak memenuhi )
- $0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$   
 $36827,6 \text{ N} < 42464 \text{ N} < 73655 \text{ N}$  ( memenuhi ;  
 tulangan geser minimum )

#### ➤ Perhitungan tulangan

Direncanakan tulangan geser dengan diameter 10mm dengan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \text{ tulangan geser} \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi :

$$S_{\text{maks}} \leq d / 2 = 166 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipasang jarak 150 mm

Cek syarat minimum tulangan

Syarat tulangan geser minimum ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.6.3

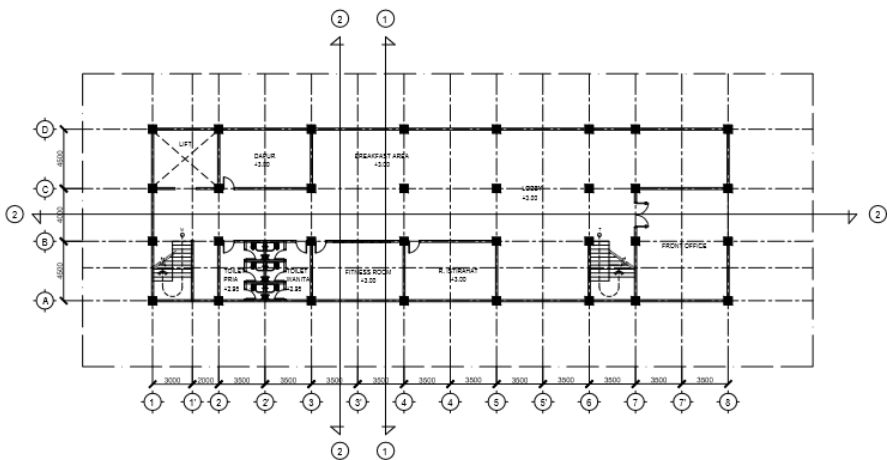
$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{300 \times 150}{3 \times 400} = 37,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 157 \text{ mm}^2 > A_s \text{ min (memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan geser 2 kaki  $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

## 6.5 Perencanaan Tangga

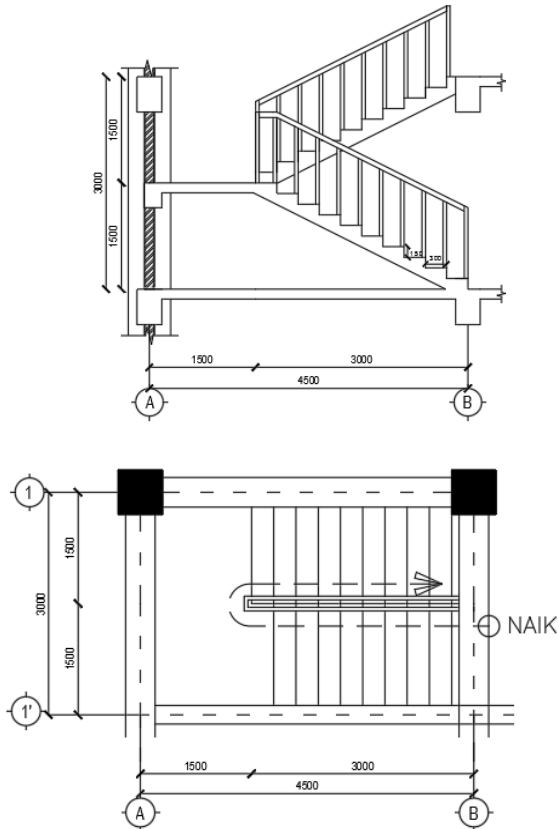
Perencanaan struktur tangga dapat dilakukan dengan berbagai macam alternatif khususnya dalam perletakan. Perencanaan tangga pada gedung ini diasumsikan menggunakan asumsi perletakan sendi-jepit. Pada perencanaan gedung ini terdapat 3 jenis tangga yang dimana dibedakan berdasarkan ketinggian tangga dan lebar tangga.



Gambar 6. 9 Denah Tangga

### 6.5.1 Data Perencanaan

Pada sub bab ini akan dibahas perencanaan tipe tangga 1, untuk tipe tangga 2 dan 3 akan disajikan dalam bentuk tabel. Data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan tangga lantai 1 adalah sebagai berikut.



Gambar 6. 10 Tampak Samping dan Atas Tangga

Detail perencanaan dapat dirinci sebagai berikut :

- Mutu beton = 35 MPa
- Mutu baja = 400 MPa (fyl)
- Tinggi lantai = 300 cm
- Tinggi tanjakan (t) = 15 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tebal pelat tangga = 14 cm
- Tebal pelat bordes = 14 cm
- Tinggi bordes = 150 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Lebar bordes = 150 cm
- Jumlah tanjakan = 150 cm / 15 cm = 10
- Jumlah injakan = 10 - 1 = 9
- Kemiringan tangga :

$$\alpha = \arctg \left( \frac{150}{9 \times 30} \right) = 29,05^\circ$$

Cek persyaratan :

1.  $60^\circ < 2t + i < 65^\circ$   
 $60^\circ < 60^\circ < 65^\circ$
2.  $24^\circ < \alpha < 40^\circ$   
 $24^\circ < 29,05^\circ < 40^\circ$

- Tebal pelat rata-rata anak tangga =  $\frac{i}{2} \times \sin \alpha$   
 $= \frac{30}{2} \times \sin 29,05^\circ$   
 $= 7,28 \text{ cm}$
- Tebal pelat rata-rata = 14 + 7,28  
 $= 21,28 \text{ cm}$

### 6.5.2 Pembebanan

Beban yang bekerja yaitu beban mati dan beban hidup. Untuk beban pada pelat tangga disajikan dalam tabel berikut :

Beban Mati	Berat	Panjang	Berat Total
Pelat	$0,21 \times \frac{2400}{\cos 29,05^\circ}$ $= 584,37$	1,5	876,5
Keramik	24	1,5	36
Spesi	21	1,5	31,5
Railing	30	-	30
QD			974,05 kg/m
Beban Hidup	Berat	Panjang	Berat Total
QL	479	1,5	718,5 kg/m

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} \text{Qu1} &= 1,2\text{DL} + 1,6\text{LL} = 1,2 \times 974,05 + 1,6 \times 718,5 \\ &= 2318,46 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Untuk beban pada pelat bordes dapat dilihat pada tabel berikut :

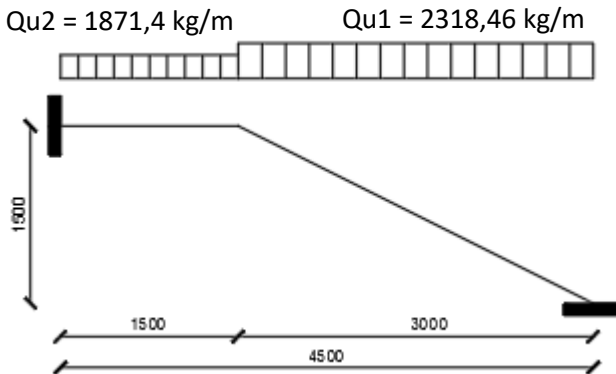
Beban Mati	Berat	Panjang	Berat Total
Pelat	$0,14 \times 2400$ $= 336$	1,5	504
Keramik	24	1,5	36
Spesi	21	1,5	31,5
Railing	30	-	30
QD			601,5 kg/m
Beban Hidup	Berat	Panjang	Berat Total
QL	479	1,5	718,5 kg/m

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} Q_{u2} &= 1,2DL + 1,6LL = 1,2 \times 601,5 + 1,6 \times 718,5 \\ &= 1871,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### 6.5.3 Perhitungan Reaksi Gaya Dalam

Setelah merencanakan ukuran pelat dan didapatkan beban yang bekerja pada tangga maka dilakukan perhitungan terhadap gaya dalam yang timbul akibat beban yang bekerja.



- Panjang miring  $= \sqrt{3^2 + 1,5^2} = 3,35 \text{ m}$

Dengan asumsi perletakan jepit-jepit pada Gambar diatas, perhitungan reaksi pada tangga dapat dilakukan dengan analisa statis tertentu sebagai berikut :

- Reaksi Perletakan
  - Qu1 = 2318,46 kg/m
  - Qu2 = 1871,4 kg/m
  
- Faktor Kekakuan
  - K-BC =  $4 / 1,5 = 2,67$
  - K-BA =  $4 / 3,35 = 1,19$
- Faktor Distribusi
  - $\mu_{BC} = \frac{2,67}{2,67+1,19} = 0,69$
  - $\mu_{BA} = \frac{1,19}{2,67+1,19} = 0,31$
- Kontrol =  $\mu_{BA} + \mu_{BC}$ 
  - =  $0,69 + 0,31$
  - = 1 (OK)
- Momen Primair
  - MF AB =  $\frac{1}{12} \times Qu1 \times L^2$ 
    - =  $\frac{1}{12} \times 23188,46 \times 3^2$
    - = 1738,85 kgm
  - MF BA = -1738,85 kgm
  - MF CB =  $\frac{1}{12} \times Qu2 \times L^2$ 
    - =  $\frac{1}{12} \times 23188,46 \times 1,5^2$
    - = 350,88 kgm
  - MF BC = -350,88 kgm



Titik Batang	A	B	C	
	AB	BA	BC	CB
FD	0	- 0,30902	-0,6909	0
MF	1738,85	- 1738,85	-350,88	350,88
MD	0	645,76	1443,97	0
MI	645,76	0	0	1443,97
M TOTAL	2384,64	- 1093,09	1093,08	1794,86

- Batang BA

$$\sum MB = 0$$

$$VA \cdot L - 0,5 \cdot Qu \cdot L^2 + MBA - MAB = 0$$

$$VA = \frac{0,5 \cdot Qu \cdot L^2 - MBA + MAB}{L}$$

$$VA = \frac{0,5 \times 2318,46 \times 3^2 - 1093,08 + 2384,64}{3}$$

$$VA = 3908,209 \text{ kg}$$

$$VB = VA - Q$$

$$VB = VA - (Qu \times L)$$

$$VB = 3908,209 - (2318,46 \times 3)$$

$$VB = -3047,19 \text{ kg}$$

- Batang BC

$$\sum MB = 0$$

$$-VC \cdot L + 0,5 \cdot Qu \cdot L^2 + MBC - MCB = 0$$

$$VC = \frac{0,5 \cdot Qu \cdot L^2 + MBC - MCB}{L}$$

$$VC = \frac{0,5 \times 1871,4 \times 1,5^2 - 1093,08 + 1794,86}{1,5}$$

$$VC = -1871,4 \text{ kg}$$

$$VB = VA + Q$$

$$VB = VC + (Qu \times L)$$

$$VB = -1871,4 + (1871,4 \times 1,5)$$

$$VB = -935,7 \text{ kg}$$

- Momen Batang BA

$$\begin{aligned} N_{BA} &= VB \cdot \sin \alpha \\ &= -3047,19 \times \sin 29,05 \\ &= -1479,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{BA} &= VB \cdot \cos \alpha \\ &= -3047,19 \times \cos 29,05 \\ &= -3047,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{BA} &= VA \cdot \cos \alpha \\ &= -3416,38 \times \cos 29,05 \\ &= -3416,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

Lihat kanan potongan :

$$N_{x2} = -1479,85 \text{ kg}$$

$$x_2 = 0$$

$$x_2 = 3$$

$$DX = 0$$

$$VB \cdot \cos \alpha + 2318,46x = 0$$

$$x = \frac{3047,19}{2318,46} = 1,31 \text{ m dari titik B}$$

$$\begin{aligned} M_x &= VB \cdot \cos \alpha \cdot x - 0,5Qu \cdot x^2 - M_{BA} + M_{AB} \\ &= -3047,19 \times 1,31 - 1159,2 \cdot 1,31^2 - \\ &1093,08 + 2384,6 \end{aligned}$$

$$= -4715,91 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} = -4715,91 \text{ kgm}$$

- Momen Batang BC
- $x^2 = 0$
- $x^2 = 1,5$
- $DX = 0$
- $-VB + 1871,4x = 0$
- $x = \frac{935,7}{1871,4} = 0,5 \text{ m dari titik B}$
- $Mx = VB \cdot x - 0,5Qu \cdot x^2 - MBC + MCB$
- $= 935,7 \times 0,5 - 935,7 \cdot 0,5^2 - 1093,08 + 1794,86$
- $= -935,7 \text{ kgm}$
- $M_{\max} = -935,7 \text{ kgm}$

Jadi digunakan momen maksimum sebagai berikut :

$$M_{\max} \text{ tangga} = 4715,91 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} \text{ bordes} = 1794,86 \text{ kgm}$$

#### 6.5.4 Perhitungan Penulangan Tangga

Sebelum menghitung tulanga lentur hendaknya lebih dahulu ditentukan batasan nilai  $\rho$  (rasio tulangan) yang akan digunakan dengan data-data perancangan yang ada. Berikut data perencanaan tangga.

$$\text{Mutu beton } (f'c) = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja } (fy) = 400 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,8375$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f'c}{fy} \left( \frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600+400} \right)$$

$$= 0,0373$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,028$$

$$\rho_{\min} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y}$$

$$= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400}$$

$$= 0,00369$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\text{tebal pelat} = 14 \text{ cm} = 140 \text{ mm}$$

$$\text{D.tulangan} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut} = 40 \text{ mm}$$

$$dx = 140 - 40 - 13/2 = 93,5 \text{ mm}$$

$$\text{Mu} = 4715,912 \text{ kgm} = 47159124,6 \text{ Nmm}$$

### Penulangan Longitudinal

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} = \frac{47159124,6}{0,8 \times 1000 \times 93,5^2} = 6,74 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 6,74}{400}} \right)$$

$$= 0,0194$$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$ , maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0194 \times 1000 \times 93,5 \\ &= 1812,335 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 132,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tul. (n)} &= \text{As pakai} / \text{As tulangan} \\ &= 13,66 = 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= 1000 / n \\ &= 1000 / 14 \\ &= 71,43 \text{ mm} , \text{ digunakan jarak } 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{As tulangan} \\ &= 14 \times 132,665 \\ &= 1857,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As pasang > As perlu ( OK )

Jadi digunakan tulangan lentur 14D13-100 mm

#### Penulangan Geser

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &= 0,17 \times \sqrt{35} \times 3000 \times 93,5 \end{aligned}$$

$$= 282108,3$$

$$V_n = V_u / \phi$$

$$= 0$$

$$V_c > V_n \quad (\text{tidak perlu tulangan geser})$$

### Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan :

$$\rho = 0,002 \quad (\text{SNI 2847 – 2013 Pasal 7.12.2.1})$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,002 \times 1500 \times 93,5$$

$$= 280,5 \text{ mm}^2$$

$$n = A_s \text{ pakai} / A_s \text{ tulangan}$$

$$= 2,11 = 3$$

$$S \text{ maks} = 2 \times \text{tebal pelat}$$

$$= 280 \text{ mm}$$

$$S = 1000 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut 3D13-250 mm

### **6.5.5 Perhitungan Penulangan Bordes**

Pada penulangan pelat bordes dilakukan dengan langkahlangkah yang sama seperti penulangan pelat tangga. Berikut data perencanaannya:

Mutu beton ( $f'_c$ )= 35 MPa

$$\text{Mutu baja } (f_y) = 400 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,8375$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0373 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,028$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\ &= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\ &= 0,00369 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\text{tebal pelat} = 14 \text{ cm} = 140 \text{ mm}$$

$$\text{D.tulangan} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut} = 40 \text{ mm}$$

$$dx = 140 - 40 - 13/2 = 93,5 \text{ mm}$$

$$\text{Mu} = 1794,86 \text{ kgm} = 17948604,3 \text{ Nmm}$$

### Penulangan Longitudinal

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} = \frac{17948604,3}{0,8 \times 1000 \times 93,5^2} = 2,566 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,56}{400}} \right) \\
 &= 0,0067
 \end{aligned}$$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$ , maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0067 \times 1000 \times 93,5 \\
 &= 628,267 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 13^2 \\
 &= 132,665 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tul. (n)} &= \text{As pakai} / \text{As tulangan} \\
 &= 4,73 = 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak} &= 1000 / n \\
 &= 1000 / 5 \\
 &= 200 \text{ mm, digunakan jarak } 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \times \text{As tulangan} \\
 &= 5 \times 132,665 \\
 &= 663,325 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

As pasang > As perlu ( OK )

Jadi digunakan tulangan lentur 5D13-200 mm



Penulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\
 &= 0,17 \times \sqrt{35} \times 1500 \times 93,5 \\
 &= 141054,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_u / \phi \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$V_c > V_n \quad (\text{tidak perlu tulangan geser})$$

Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan :

$$\rho = 0,002 \quad (\text{SNI 2847 – 2013 Pasal 7.12.2.1})$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,002 \times 1500 \times 93,5 \\
 &= 280,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \text{As pakai} / \text{As tulangan} \\
 &= 2,11 = 3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ maks} &= 2 \times \text{tebal pelat} \\
 &= 280 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 1000 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut 3D13-250 mm

## 6.6 Perencanaan Balok Bordes

### 6.6.1 Data Perencanaan

Data perencanaan balok bordes meliputi mutu bahan, dimensi, bentang, diameter tulangan yang akan direncanakan, dan juga gaya dalam yang terjadi pada balok bordes.

- Mutu bahan ( $f_c'$ ) = 35 MPa
- Mutu baja = 240 MPa ( $f_{yg}$ ) ; 400 MPa ( $f_{yl}$ )
- Bentang ( $L_n$ ) = 5000 mm
- Lebar ( $b$ ) = 250 mm
- Tinggi ( $h$ ) = 350 mm
- Selimut ( $t$ ) = 50 mm
- Tulangan lentur = 19 mm
- Tulangan geser = 13 mm
- $d$  = 287 mm

### 6.6.2 Pembebanan

Beban yang ada pada balok bordes yaitu sebagai berikut

$$\text{Beban sendiri} = 0,25 \times 0,35 \times 2400 = 210 \text{ kg/m}$$

$$\text{Dinding} = 5 \times 90 = 450 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 660 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bordes} = 1871,4 \text{ kg} / 3 = 623,8 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = (1,2 \times 660) + 623,8 = 1415,8 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 1415,8 \times 5^2 \\ &= 4424,37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

### 6.6.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Longitudinal

Untuk  $f_c' = 35$  MPa, maka  $\beta = 0,8375$  berdasarkan SNI 2847 – 2013 Ps. 10.2.7.3)

- $M_u = 4424,37$  kgm
- $M_n = 4915,97$  kgm = 49159722,2 Nmm
- $R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{49159722,2}{250 \times 287^2} = 2,38$  N/mm<sup>2</sup>
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
 $= \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$   
 $= 0,0373$
- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,028$
- $\rho_{\min} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y}$   
 $= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400}$   
 $= 0,00369$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$
- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$   
 $= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,38}{400}} \right)$   
 $= 0,011$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$  (pakai  $\rho_{\min}$ )

➤ Tulangan tumpuan atas

- As perlu =  $\rho \times b \times d$

$$= 0,011 \times 250 \times 287$$

$$= 793,01 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} - \quad n &= \text{As perlu} / \text{As tul} \\ &= 793,01 / 283,385 \\ &= 2,79 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ Tulangan tumpuan bawah

$$\begin{aligned} - \quad \text{As min} &= 0,5 \text{ As perlu} \\ &= 396,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad n &= \text{As min} / \text{As tul} \\ &= 396,5 / 283,385 \\ &= 1,399 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2.t - 2\phi_{seengkang} - n.\phi_{tulangan \text{ utama}}}{n-1} \\ &= \frac{250 - 2.50 - 2.13 - 2.19}{3-1} \\ &= 43 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan

$$\begin{aligned} - \quad d \text{ aktual} &= 287 \text{ mm} \\ - \quad \text{As aktual} &= 3 \times \text{As D19} \\ &= 850,15 \text{ mm}^2 \\ - \quad d' &= 63 \text{ mm} \\ - \quad \text{As}' &= 566,77 \text{ mm}^2 \\ - \quad a &= \frac{\text{As} \times f_y - \text{As}' \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \end{aligned}$$

$$= \frac{1133,54 \times 400 - 566,77 \times 400}{0,85 \times 35 \times 250}$$

$$= 15,24 \text{ mm}^2$$

- $Mn = 0,85 \times f_c \times a \times b \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' f_y (d - d')$
- $Mn = 0,85 \times 35 \times 15,24 \times 250 \times \left(287 - \frac{15,24}{2}\right) + 566,7 \times 400(287 - 63)$
- $Mn = 82451383 \text{ Nmm} > 49159722,2 \text{ Nmm}$

## 6.6.4 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal

### 6.2.6.1 Perhitungan tulangan tumpuan

- $Q_u = 1415,8 \text{ Nmm} = 14158 \text{ N/m}$
- $V_u = \left(\frac{Q_u \times L_n}{2}\right)$   
 $= \left(\frac{14158 \times 3,8}{2}\right)$   
 $= 26900,2 \text{ N}$
- $V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b \times d = 70746,45 \text{ N}$
- $\phi V_c = 53059,84 \text{ N}$
- Cek kondisi persyaratan geser
- $V_u < 0,5 \phi V_c$   
 $26900,2 \text{ N} > 0,5 \cdot 52598,84 = 26529,9 \quad (\text{tidak memenuhi})$
- $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$   
 $26529,9 \text{ N} < 26900,2 \text{ N} > 53059,8 \text{ N} \quad (\text{memenuhi ; tulangan geser minimum})$
- Perhitungan tulangan  
 Direncanakan tulangan geser dengan diameter 13 mm dengan sengkang 2 kaki  
 $A_v = 2 \times A_s \text{ tulangan geser}$   
 $= 265,3 \text{ mm}^2$
- Kontrol jarak spasi :  
 $S_{\text{maks}} \leq d / 2 = 140,25 \text{ mm}$

S maks  $\leq 600$  mm

Jadi dipasang jarak 120 mm

Cek syarat minimum tulangan

Syarat tulangan geser minimum ditentukan berdasarkan  
SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.6.3

$$As_{min} = \frac{bw \cdot s}{3 \cdot fy} = \frac{250 \times 120}{3 \times 400} = 25 \text{ mm}^2$$

$As \text{ pakai} = 265 \text{ mm}^2 > As \text{ min}(\text{memenuhi})$

Jadi dipakai tulangan geser 2 kaki  $\emptyset 13 - 120$  mm

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

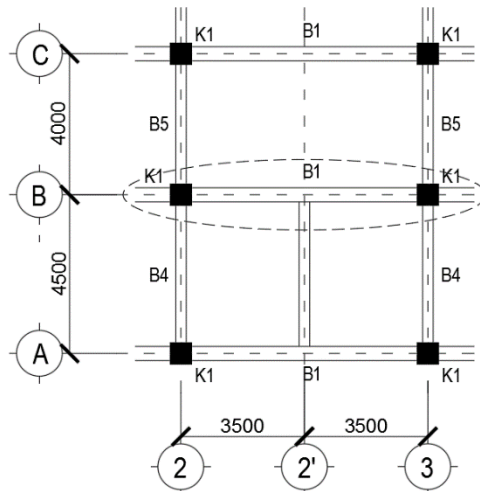
## BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

### 7.1 Umum

Perencanaan struktur primer non prategang ini meliputi perencanaan balok induk, kolom, serta hubungan balok kolom. Perhitungan berdasarkan ketentuan SNI 2847:2013, dan pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726:2012 terkait ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

### 7.2 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom.



Gambar 7. 1 Posisi Balok Induk yang Ditinjau



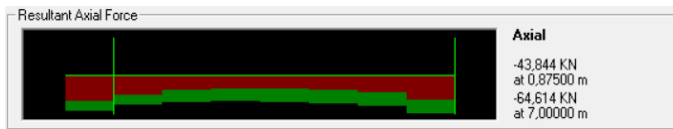
### 7.2.1 Data Perencanaan

Data perencanaan balok anak meliputi mutu bahan, dimensi, bentang, diameter tulangan yang akan direncanakan, dan juga gaya dalam yang terjadi pada balok anak.

- Mutu bahan ( $f_c'$ ) = 35 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Bentang (L) = 7000 mm
- Bentang bersih ( $L_n$ ) = 6400 mm
- Lebar (b) = 400 mm
- Tinggi (h) = 600 mm
- Selimut (t) = 50 mm
- Tulangan lentur = 22 mm
- Tulangan geser = 13 mm
- Tulangan torsi = 13 mm

### 7.2.2 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Karena struktur pada gedung ini menggunakan system SRPMK, maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.5.1 mengenai syarat yang harus dipenuhi untuk komponen struktur pada system rangka yang memikul gaya akibat gempa yang direncanakan memikul lentur adalah :



Gambar 7. 2 Gaya Aksial Balok Induk

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi  $0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$   
 $P_u < 0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$   
 $64,6 \text{ kN} < 0,1 \times 400 \times 600 \times 35 = 840 \text{ kN} \text{ (OK)}$

- Bentang bersih minimum  $\geq 4d$   
 $d = h - t - \emptyset \text{ sengkang} - 0,5 \emptyset \text{ tul. lentur}$   
 $d = 600 - 50 - 13 - 11 = 526 \text{ mm}$   
 $Ln \geq 4d$   
 $6400 \text{ mm} \geq 2104 \text{ mm (OK)}$
- Perbandingan lebar / tinggi  $> 0,3$  dan  $b > 0,25$   
 $\frac{b}{h} > 0,3 ; \frac{400}{600} > 0,3 ; 0,67 > 0,3 \text{ (OK)}$   
 $b > 250 \text{ mm (OK)}$
- Lebar balok tidak boleh melebihi 1,75 lebar kolom  
 $400 \text{ mm} < (1,75 \times 600) = 1050 \text{ mm (OK)}$

### 7.2.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Longitudinal

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000.

Tabel 7. 1 Rekapitulasi Momen Maksimal Balok Induk

Kombinasi	Lokasi	Momen (kNm)
1,4 D	Tumpuan Kiri	241,84
	Lapangan	86,89
	Tumpuan Kanan	195,14
1,2D + 1,6L	Tumpuan Kiri	265,38
	Lapangan	138,06
	Tumpuan Kanan	225,73
1,2D + 1L + EQX	Tumpuan Kiri	308,04
	Lapangan	113,55
	Tumpuan Kanan	307,65
1,2D + 1L + EQY	Tumpuan Kiri	250,07
	Lapangan	114,15
	Tumpuan Kanan	222,11
0,9D + EQX	Tumpuan Kiri	237,44
	Lapangan	59,06

	Tumpuan Kanan	243,42
0,9D + EQY	Tumpuan Kiri	161,94
	Lapangan	59,63
	Tumpuan Kanan	133,79

Dari tabel tersebut, dapat diperoleh momen maksimal sebagai berikut :

$$\text{Tumpuan Kiri} = 308,04 \text{ kN}$$

$$\text{Tumpuan Kanan} = 307,65 \text{ kN}$$

$$\text{Lapangan} = 138,06 \text{ kN}$$

### 7.2.1.1 Perhitungan tulangan tumpuan kiri

Untuk  $f_c' = 35 \text{ MPa}$ , maka  $\beta = 0,8375$  berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 10.2.7.3)

$$M_u = 308,04 \text{ kNm}$$

$$M_n = 342,267 \text{ kNm} = 342266667 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \times d = \frac{600}{600+400} \times 526 = 315,6 \text{ mm}$$

$$X_r \leq 0,75 X_b = 236,7 \text{ mm}$$

Ambil  $X_r = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c \times b \times x}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35 \times 400 \times 100}{400} \\ &= 2491,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta \cdot x}{2} \right) \\ &= 2491,56 \times 400 \times \left( 526 - \frac{0,8375 \cdot 100}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 482491078 \text{ Nmm}$$

$M_n - M_{nc} = -140224411 \text{ Nmm} < 0$  maka tidak perlu tul.tekan

Digunakan perhitungan tulangan tunggal

$$\begin{aligned}
 - R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{342266667}{400 \times 526^2} = 3,093 \text{ N/mm}^2 \\
 - \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0374 \\
 - \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,028 \\
 - \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\
 &= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\
 &= 0,00369 \\
 - m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445 \\
 - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,093}{400}} \right) \\
 &= 0,00818
 \end{aligned}$$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$  (memenuhi)

➤ Tulangan tumpuan atas

$$\begin{aligned}
 - \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00818 \times 400 \times 526 \\
 &= 1721,43 \text{ mm}^2 \\
 - n &= \text{As perlu} / \text{As tul}
 \end{aligned}$$

- $$= 1721,43 / 379,94$$
- $$= 4,53 \approx 5 \text{ buah}$$
- Tulangan tumpuan bawah
- As min = 0,5 As perlu
  - = 860,71 mm<sup>2</sup>
  - n = As min / As tul
  - = 860,71 / 379,94
  - = 2,26 ≈ 3 buah
- Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$S = \frac{bw - 2.t - 2\phi_{seengkang} - n.\phi_{tulangan \text{ utama}}}{n-1}$$

$$= \frac{400 - 2.50 - 2.13 - 2.22}{5-1}$$

$$= 107,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

➤ Kontrol kekuatan

- d aktual = 526 mm
- As aktual = 5 x As D22
- = 1899,7 mm<sup>2</sup>
- a =  $\frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$
- =  $\frac{1899,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400}$
- = 63,85 mm<sup>2</sup>
- Mn =  $0,85 \times f_c \times a \times b \times \left(d \text{ aktual} - \frac{a}{2}\right)$
- =  $0,85 \times 35 \times 63,85 \times 400 \times \left(526 - \frac{63,85}{2}\right)$
- = 375435636 Nmm > 342266667 Nmm (OK)

### 7.2.1.2 Perhitungan tulangan tumpuan kanan

Untuk  $f_c' = 35$  MPa, maka  $\beta = 0,8375$  berdasarkan SNI 2847 – 2013 Ps. 10.2.7.3)

$$M_u = 307,65 \text{ kNm}$$

$$M_n = 341,83 \text{ kNm} = 341833333 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \times d = \frac{600}{600+400} \times 526 = 315,56 \text{ mm}$$

$$X_r \leq 0,75 X_b = 236,7 \text{ mm}$$

Ambil  $X_r = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c \times b \times x}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35 \times 400 \times 100}{400} \\ &= 2491,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta \cdot x}{2} \right) \\ &= 2491,56 \times 400 \times \left( 526 - \frac{0,8375 \cdot 100}{2} \right) \\ &= 482491078 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$M_n - M_{nc} = -1140657745 \text{ Nmm} < 0$  maka tidak perlu tul.tekan

Digunakan perhitungan tulangan tunggal

$$\begin{aligned} - R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{341833333}{400 \times 526^2} = 3,088 \text{ N/mm}^2 \\ - \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600+400} \right) \\ &= 0,0374 \\ - \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\
 &= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\
 &= 0,00369 \\
 - m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445 \\
 - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,088}{400}} \right) \\
 &= 0,00817
 \end{aligned}$$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$  (memenuhi)

➤ Tulangan tumpuan atas

$$\begin{aligned}
 - \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00817 \times 400 \times 526 \\
 &= 1719,11 \text{ mm}^2 \\
 - n &= \text{As perlu} / \text{As tul} \\
 &= 1719,11 / 379,94 \\
 &= 4,53 \approx 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ Tulangan tumpuan bawah

$$\begin{aligned}
 - \text{As min} &= 0,5 \text{ As perlu} \\
 &= 859,56 \text{ mm}^2 \\
 - n &= \text{As min} / \text{As tul} \\
 &= 859,56 / 379,94 \\
 &= 2,26 \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{bw - 2.t - 2\phi_{seengkang} - n.\phi_{tulangan\ utama}}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 2.50 - 2.13 - 2.22}{5-1} \\
 &= 107,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan

$$\begin{aligned}
 - \text{ d aktual} &= 526 \text{ mm} \\
 - \text{ As aktual} &= 5 \times \text{As D22} \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2 \\
 - \text{ a} &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 &= \frac{1899,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} \\
 &= 63,85 \text{ mm}^2 \\
 - \text{ Mn} &= 0,85 \times f_c \times a \times b \times \left( d_{\text{aktual}} - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \times 35 \times 63,85 \times 400 \times \left( 526 - \frac{63,85}{2} \right) \\
 &= 375435636 \text{ Nmm} > 341833333 \text{ Nmm (OK)}
 \end{aligned}$$

### 7.2.1.3 Perhitungan tulangan lapangan

Untuk  $f_c' = 35 \text{ MPa}$ , maka  $\beta = 0,8375$  berdasarkan SNI 2847 – 2013 Ps. 10.2.7.3)

$$M_u = 138,06 \text{ kNm}$$

$$M_n = 153,4 \text{ kNm} = 153400000 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 526 = 315,6 \text{ mm}$$



$$X_r \leq 0,75 X_b = 236,7 \text{ mm}$$

$$\text{Ambil } X_r = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c \times b \times x}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35 \times 400 \times 100}{400} \\ &= 2491,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta \cdot x}{2} \right) \\ &= 2491,56 \times 400 \times \left( 526 - \frac{0,8375 \cdot 100}{2} \right) \\ &= 482491078 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n - M_{nc} = -329091078 \text{ Nmm} < 0 \text{ maka tidak perlu tul.tekan}$$

Digunakan perhitungan tulangan tunggal

$$\begin{aligned} - R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{153400000}{400 \times 526^2} = 1,386 \text{ N/mm}^2 \\ - \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8375 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0387 \\ - \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,028 \\ - \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\ &= 0,25 \times \frac{\sqrt{35}}{400} \\ &= 0,00374 \\ - m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445 \\ - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,386}{400}} \right)$$

$$= 0,00355$$

$\rho_{max} > \rho_{perlu} < \rho_{min}$  (pakai  $\rho_{min}$ )

➤ Tulangan tumpuan atas

$$\begin{aligned} - \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00374 \times 400 \times 526 \\ &= 777,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - n &= \text{As perlu} / \text{As tul} \\ &= 777,96 / 379,94 \\ &= 2,1 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ Tulangan tumpuan bawah

$$\begin{aligned} - \text{As min} &= 0,5 \text{ As perlu} \\ &= 388,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - n &= \text{As min} / \text{As tul} \\ &= 388,98 / 379,94 \\ &= 1,02 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2.t - 2\phi_{seengkang} - n.\phi_{tulangan \text{ utama}}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2.50 - 2.13 - 2.22}{3-1} \\ &= 215 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan

- d aktual = 526 mm
- As aktual = 3 x As D22  
= 1139,82 mm<sup>2</sup>
- a =  $\frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b}$   
=  $\frac{1139,2 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400}$   
= 38,31 mm
- Mn =  $0,85 \times 35 \times 38,31 \times 400 \times \left(526 - \frac{38,31}{2}\right)$   
= 231084080 Nmm > 153400000 Nmm (OK)

## 7.2.4 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal

### 7.2.1.4 Perhitungan *Probable Moment Capacities* ( $M_{pr}$ )

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok mencapai 1,25 fy dan faktor reduksi kuat lentur  $\phi=1$

a. Mpr negatif

- As = 1899,7 mm<sup>2</sup>
- a =  $\frac{1,25 \times As \times fy}{0,85 \times fc \times b}$   
=  $\frac{1,25 \times 1899,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400}$   
= 79,82 mm
- Mpr<sup>-</sup> =  $1,25 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$   
=  $1,25 \times 1899,7 \times 400 \times \left(526 - \frac{79,82}{2}\right)$   
= 461712906 Nmm

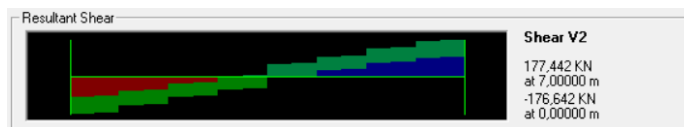
b. Mpr positif

- As = 1139,82 mm<sup>2</sup>
- a =  $\frac{1,25 \times As \times fy}{0,85 \times fc \times b}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,25 \times 1139,82 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} \\
 &= 47,89 \text{ mm} \\
 - \quad M_{pr}^+ &= 1,25 \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1,25 \times 1139,82 \times 400 \times \left( 526 - \frac{47,89}{2} \right) \\
 &= 286125710 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### 7.2.1.5 Perhitungan Gaya Geser

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000.



Gambar 7. 3 Gaya Geser Balok Induk

$$\begin{aligned}
 - \quad V_g &= \frac{W_u \times L_n}{2} = 177,44 \text{ kN} \\
 - \quad V_{\text{sway}} &= \frac{M_{pr,+} + M_{pr,-}}{L_n} \\
 &= \frac{286125710 + 461712906}{6400} \\
 &= 116849,78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Reaksi gaya geser balok

- Struktur bergoyang ke kanan
  - Pada ujung kiri balok = 177442 N – 116849,78 N  
= 60592,22 N  
( arah gaya geser ke bawah )
  - Pada ujung kanan balok = 177442 N + 116849,78 N  
= 294291,78 N  
( arah gaya geser ke atas )
- Struktur bergoyang ke kiri

- Pada ujung kiri balok = 177442 N + 116849,78 N  
= 294291,78 N  
( arah gaya geser ke atas )
- Pada ujung kanan balok = 177442 N – 116849,78 N  
= 60592,22 N  
( arah gaya geser ke bawah )

SNI Beton Pasal 21.5.4.2 : Kontribusi beton di dalam menahan geser, yaitu  $V_c$  harus diambil = 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila :

- a. Gaya geser  $V_{sway}$  akibat sendi plastis di ujung balok melebihi  $\frac{1}{2}$  (atau lebih) kuat geser perlu maksimum,  $V_u$  di sepanjang bentang ;

Tabel 7. 2 Gaya Geser di Muka Kolom Interior Kiri dan Kanan

Arah gempa	V sway	Ujung Kiri		Ujung Kanan	
		$V_u$	$\frac{1}{2} V_u$	$V_u$	$\frac{1}{2} V_u$
	kN	kN	kN	kN	kN
Kanan	116,85	60,59	30,29	294,29	147,14
Kiri	116,85	294,29	147,14	60,59	30,29

- b. Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebanan gempa, kurang dari  $A_g f'_c / 20$

$$P_u = 7,103 \text{ kN}$$

$$A_g \cdot f'_c / 20 = 420 \text{ kN}$$

$$P_u < A_g \cdot f'_c / 20$$

Karena nilai  $V_{sway}$  tidak lebih besar dari  $\frac{1}{2} V_u$  maka persyaratan pertama tidak terpenuhi sehingga nilai  $V_c$  tidak 0.

### 7.2.1.6 Perhitungan Tulangan Geser

#### Penulangan Geser pada Tumpuan

Dengan demikian  $V_c = 116849,78 \text{ N}$ ,  $V_u = 294291,78 \text{ N}$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{294291,78 \text{ N}}{0,75} - 116849,78 \text{ N} \\ &= 275539,26 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum  $V_s$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{s\text{maks}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c} \times bw \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{35} \times 400 \times 526 \\ &= 829828,79 \text{ N} \end{aligned}$$

$V_s = 275539,26 \text{ N} < 829828,79 \text{ N}$  jadi syarat  $V_s$  maksimum terpenuhi.

Coba diameter tulangan sengkang D13 dipasang 2 kaki ( $A_v = 265,3 \text{ mm}^2$ ). Untuk spasi tulangan diatur melalui persamaan berikut.

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,3 \times 400 \times 526}{275539,26} = 202,6 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1, diperlukan hoops (sengkang tertutup) di sepanjang  $2h$  dari sisi muka kolom terdekat.

$$2h = 2 \times 600 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2, hoops pertama dipasang pada jarak 50mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara:

- $d/4 = 131,5$  mm
- $6D = 132$  mm
- 150 mm

Gunakan spasi 120 mm

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{265,3 \times 400 \times 526}{120}$$

$$= 465211,93 \text{ N} > 275539,26 \text{ N (OK)}$$

Dengan demikian, tulangan sengkang didaerah tumpuan (yaitu di daerah sepanjang  $2h = 1,2\text{m}$  dari muka kolom) menggunakan sengkang tertutup 2 kaki D13 -120 mm

### Penulangan Geser pada Lapangan

Gaya geser maksimum  $V_u$  di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak  $2h = 2 \cdot 600 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$  dari muka kolom adalah  $177,42 \text{ kN} - (2h \cdot W_u) = 437,9 \text{ kN} - (1,2 \text{ m} \times 55,45 \text{ kN}) = 110,90 \text{ kN} = 110901,25 \text{ N}$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} \times b_w \times d = \frac{\sqrt{35}}{6} \times 400 \times 526 = 207457,19 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{110901,25 \text{ N}}{0,75} - 207457,19 \text{ N} = 55537,677 \text{ N}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum  $V_s$  adalah sebagai berikut:

$$V_{S_{\text{maks}}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{35} \times 400 \times 526$$

$$= 829828,79 \text{ N}$$

$V_s = 55537,677 \text{ N} < 829828,79 \text{ N}$  jadi syarat  $V_s$  maksimum terpenuhi.

Coba diameter tulangan sengkang D13 dipasang 2 kaki ( $A_v = 265,3 \text{ mm}^2$ ). Untuk spasi tulangan diatur melalui persamaan berikut.

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,3 \times 400 \times 526}{55537,677} = 1005,2 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser disepanjang balok SRPMK adalah  $d/2$ .

$$S_{\text{maks}} < d/2 = 263 \text{ mm}$$

Gunakan spasi 200 mm

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{265,3 \times 400 \times 526}{200}$$

$$= 279095,6 \text{ N} > 55537,677 \text{ N (OK)}$$

Jadi, digunakan sengkang 2 kaki D13 - 200 mm.

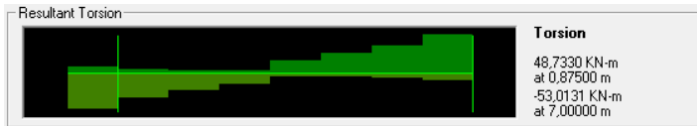


## 7.2.5 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Torsi

Perencanaan penulangan torsi pada gedung ini yakni sebagai berikut.

### 7.2.1.1 Momen Torsi

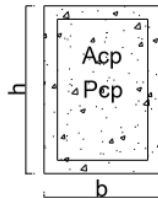
Momen torsi pada balok ini diperoleh dari SAP2000



Gambar 7. 4 Momen Torsi Balok Induk

$$T_u = 53,05 \text{ kNm} = 53030000 \text{ Nmm}$$

Perhitungan Luas dan Keliling Penampang



$$A_{cp} = 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (400 + 600) = 2000 \text{ mm}$$

Torsi maksimum beton non-prategang :

$$\begin{aligned} T_{u \text{ max}} &= \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{3} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= \phi \cdot \frac{\sqrt{35}}{3} \left( \frac{240000^2}{2000} \right) \\ &= 42595774,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena nilai  $T_u$  terjadi  $> T_u$  max, maka dipakai  $T_u$  max = 42595774,4 Nmm

$$T_n = 56794365,9 \text{ Nmm}$$

Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika  $T_u < T_u$  min

$$\begin{aligned} T_u \text{ min} &= \phi \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left( \frac{240000^2}{2000} \right) \\ &= 10606347,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena nilai  $T_u$  terjadi  $> T_u$  min, maka diperlukan tulangan torsi.

### 7.2.1.2 Properti Penampang

$A_0 = 0,85 A_{0h}$  dimana  $A_{0h}$  adalah luasan yang dibatasi oleh garis pusat sengkang tertutup terluar. Dengan mengasumsikan penutup bersih 50mm dan sengkang D13.

$$X_1 = 400 - 2(50 + 6,5) = 287 \text{ mm}$$

$$Y_1 = 600 - 2(50 + 6,5) = 487 \text{ mm}$$

$$A_{0h} = 287 \times 487 = 139769 \text{ mm}^2$$

$$A_0 = 0,85 A_{0h} = 118803,65 \text{ mm}^2$$

$$d = 600 - 50 - 13 - \frac{22}{2} = 526 \text{ mm}$$

$$P_h = 2(X_1 + Y_1) = 1548 \text{ mm}$$

### 7.2.1.3 Cek Kecukupan Penampang

Untuk penampang tersebut agar cukup, haruslah memenuhi persamaan berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left( \frac{Vc}{bw.d} + \frac{2\sqrt{fc}}{3} \right)$$

$$Vc = \left(\frac{\sqrt{fc}}{6}\right) bw.d = \left(\frac{\sqrt{35}}{6}\right) \times 400 \times 526 = 207457,2 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.Aoh^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{177442 \text{ N}}{400 \times 526}\right)^2 + \left(\frac{42595774,4 \times 1548}{1,7.139769^2}\right)^2}$$

$$= 2,15 \text{ Mpa}$$

$$\phi \left( \frac{Vc}{bw.d} + \frac{2\sqrt{fc}}{3} \right) = 0,75 \left( \frac{207457,2}{400 \times 526} + \frac{2\sqrt{35}}{3} \right) = 3,69 \text{ Mpa}$$

$$3,69 \text{ Mpa} > 2,15 \text{ Mpa (OK)}$$

Jadi penampang tersebut sudah cukup.

### 7.2.1.4 Penulangan Torsi

#### Tulangan Transversal Penahan Torsi

$$\begin{aligned} At/s &= \frac{Tn}{2 \times A0 \times fy \times cot\theta} \\ &= \frac{56794365,9}{2 \times 118803,65 \times 400 \times 1} \end{aligned}$$

$$= 0,597 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{satu kaki}$$

$$Vc = \left(\frac{\sqrt{fc}}{6}\right) \times bw \times d = \left(\frac{\sqrt{35}}{6}\right) \times 400 \times 526 = 207457,2 \text{ N}$$

$$Vn = Vc / 0,75 = 276609,59 \text{ N}$$

Untuk tulangan web geser minimum. Karenanya, sediakan sengkang geser.

$$V_s = V_n - V_c = 276609,59 \text{ N} - 207457,2 \text{ N} = 69152,4 \text{ N}$$

Tulangan sengkang sebelum torsi

$$A_v/s = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{69152,4}{400 \times 526} = 0,328 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{dua kaki}$$

Tulangan sengkang setelah torsi

$$\begin{aligned} A_{vt}/s &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 0,328 + (2 \times 0,597) \\ &= 0,926 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{dua kaki} \end{aligned}$$

Tulangan sengkang terpasang daerah tumpuan sebelum torsi 2kaki D13 – 125:

$$\frac{A_{vpakai}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{120} = 2,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{vpakai}}{s} > \frac{A_{vt}}{s} \text{ maka tulangan sengkang cukup menahan torsi}$$

Tulangan sengkang daerah lapangan sebelum torsi 2D13-200mm. Dengan perhitungan yang sama, sengkang cukup menahan torsi.

#### Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{A_t}{s} P h \frac{f_{yv}}{f_y} \cot^2 \theta \\ &= 0,597 \times 1548 \times 1 \times 1 \end{aligned}$$

$$= 925,03 \text{ mm}^2$$

### Distribusi tulangan longitudinal torsi

$A_1$  torsi =  $925,03 \text{ mm}^2$ . Asumsikan bahwa  $\frac{1}{4} A_1$  ditempatkan ke sudut-sudut teratas dan  $\frac{1}{4} A_1$  ditempatkan ke sudut-sudut terbawah. Jadi  $\frac{1}{2} A_1$  didistribusikan secara sama pada sisi samping badan balok.

$$A_s \text{ perlu} = 0,5 \times 925,03 = 462,52 \text{ mm}^2$$

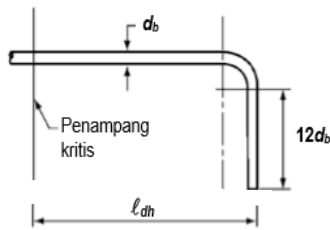
Digunakan tulangan 4D13 maka :

$$A_s \text{ pasang} = 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2$$

$$= 530,66 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 462,52 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

## 7.2.6 Panjang Penyaluran

- a. Panjang Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik



Gambar 7. 5 Panjang Penyaluran Balok Induk

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, nilai  $l_{dh}$  harus memenuhi :

$$l_{dh} = \frac{f_y \times d_b}{5,4 \times \sqrt{f_c}} = \frac{400 \times 22}{5,4 \times \sqrt{35}} = 275,46 \approx 300 \text{ mm}$$

Tetapi tidak boleh lebih kurang dari :

- $8db = 8 \times 22\text{mm} = 176 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm}$

b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.3.2 :

$$ldc1 = \left( \frac{0,24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc}} \right) db = \left( \frac{0,24 \times 400}{1 \times \sqrt{35}} \right) 22 = 356,9 \text{ mm}$$

$$ldc2 = 0,043 \times fy \times db = 0,043 \times 400 \times 22 = 378,4 \text{ mm}$$

Diambil terbesar yakni  $ldc = 400 \text{ mm}$

c. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2 panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik untuk  $D > 22\text{mm}$  :

Diketahui nilai :

$$db = 22 \text{ mm}$$

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$ld = \left( \frac{fy \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{fc}} \right) db = \left( \frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{35}} \right) 22$$

$$ld = 874,98 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

### 7.2.7 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Hasil perhitungan penulangan semua tipe balok induk direkapitulasikan dalam table berikut.

Tabel 7. 3 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Tipe	L	Lokasi	Atas	Bawah	Tul.geser	Tul.Torsi
B1	7	Tump.	5D22	3D22	D13-125	4D13
		Lap.	2D22	3D33	D13-200	
B2	5	Tump.	5D22	3D22	D13-100	4D13

		Lap.	2D22	2D22	D13-200	
B3	3, 5	Tump.	4D19	2D19	D10-75	4D10
		Lap.	2D19	2D19	D10-150	
B4	4, 5	Tump.	5D19	3D19	D10-75	4D10
		Lap.	2D19	2D19	D10-150	
B5	4	Tump.	5D19	3D19	D10-75	4D10
		Lap.	2D19	2D19	D10-150	

### 7.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder, balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi.

#### 7.3.1 Data Perencanaan

Dalam perencanaan struktur kolom pada tugas akhir ini, kolom didesain sebagai berikut:

- Mutu bahan ( $f_c'$ ) = 35 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Dimensi Kolom :
  - Lebar (b) = 600 mm
  - Tinggi (h) = 600 mm
- Tinggi kolom :
  - Lantai 1 = 3 m
  - Lantai 2 = 4 m
  - Lantai 3 – 9 = 3 m
  - Lantai 10 = 4 m

#### 7.3.2 Kontrol Dimensi Kolom

Sebelum diperiksa syarat dimensi kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila :

1. Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial
2. Menerima beban aksial berfaktor ( $P_u$ ) lebih besar dari  $0,1A_g f_c$ .  

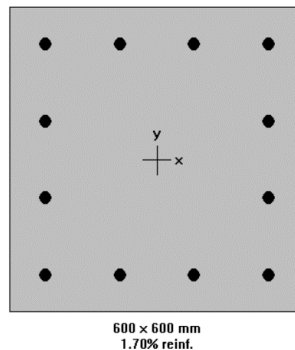
$$\frac{A_g \times f_c}{10} = \frac{600 \times 600 \times 35}{10} = 126000 \text{ kg}$$

$$P_u = 358677 \text{ kg}$$

$$P_u > 0,1A_g f_c \text{ (OK)}$$
3. Ukuran penampang terpendek tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1)  
 $B = 600 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OK)}$   
 $H = 600 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OK)}$
4. Ratio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2947:2013 pasal 21.6.1.2).  
 $b/h = 600 / 600 = 1 > 0,4 \text{ (OK)}$

### 7.3.3 Tulangan Longitudinal

Berdasarkan Pasal 21.6.3.1 SNI 2847 – 2013, bahwa luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  dan tidak boleh lebih dari  $0,06$ . Perhitungan penulangan menggunakan bantuan Program PcaColumn.



Gambar 7. 6 Potongan Penampang Kolom



Didapatkan hasil penulangan dari program pcaColumn dengan konfigurasi penulangan sebagai berikut :

Jumlah = 12 buah

Diameter = 25 mm

$\rho_g = 1,7 \% = 0,017$

Syarat Pasal 21.6.3.1 SNI 2847 – 2013 :

$0,01 < \rho_g < 0,06$

$0,01 < 0,017 < 0,06$  (OK)

#### 7.3.4 Persyaratan *Strong Column-Weak Beam*

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847: 2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_c \geq (1,2) \sum M_g$$

Dimana:

$\Sigma M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\Sigma M_g$  merupakan momen pada muka joint, yang berhubungan dengan kuat lentur nominal balok (termasuk pelat yang berada pada kondisi tarik) .

Lokasi	$\phi M_n$ (Nmm)	$M_{pr}$ (Nmm)
Ujung melintang	375435635,70	461712905,8
Ujung memanjang	375435635,70	461712905,8

$$1,2\Sigma M_{nb} = 1,2 ( \phi M_{n(+)} + \phi M_{n(-)} ) = 788414835 \text{ Nmm}$$

Penentuan nilai  $M_c$  berdasarkan dari diagram interkasi  $P - M$  antara kolom atas dan kolom yang di desain dengan program bantu `pcaColumn`.

$$\phi P_n \text{ desain} = 361700 \text{ kg}$$

$$\text{sesuai dengan } \phi M_n = 423000000 \text{ Nmm}$$

$$\phi P_n \text{ atas} = 307100 \text{ kg}$$

$$\text{sesuai dengan } \phi M_n = 369000000 \text{ Nmm}$$

$$\Sigma M_c = 423000000 \text{ Nmm} + 369000000 \text{ Nmm}$$

$$= 792000000 \text{ Nmm} > 788414835 \text{ Nmm (OK)}$$

Jadi persyaratan *strong column weak beam* terpenuhi.

### 7.3.5 Desain Tulangan *Confinement*

Untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom, total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4):

$$\begin{aligned} B_c &= bw - 2(d + 0,5db) \\ &= 600 - 2(50 + 0,5 \times 16) \\ &= 484 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= (b-2d) \times (h-2d) \\ &= (600-2 \times 50) \times (600-2 \times 50) = 250000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_g = b \times h = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left( \frac{s \cdot bc \cdot f_c}{f_y} \right) \cdot \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{Ash1}{s} = 0,3 \cdot \left( \frac{484 \times 35}{400} \right) \cdot \left( \frac{360000}{250000} - 1 \right) = 5,59 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dan,

$$Ash2 = 0,09 \cdot \left( \frac{s \cdot bc \cdot fc}{fy} \right)$$

$$\frac{Ash2}{s} = 0,09 \cdot \left( \frac{484 \times 35}{400} \right) = 3,8 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jadi, ambil nilai yang terbesar yaitu 5,59 mm<sup>2</sup>/mm

Menentukan spasi maksimum hoop pada daerah sepanjang *lo* dari ujung-ujung kolom. Nilai spasi maksimum merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3) :

- ¼ dimensi komponen struktur minimum = ¼ x 600 = 150 mm
- 6 x diameter longitudinal = 6 x 25 = 150 mm
- $S_o = 100 + \frac{350 - 0,5hx}{3} = 102,7 \text{ mm}$

*S* maks tidak boleh melebihi 150 mm, dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Coba gunakan spasi 100 mm

$$Ash = 5,59 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 100 \text{ mm} = 559 \text{ mm}^2$$

Gunakan 4 kaki D16 dengan luas penampang = 804,24 mm<sup>2</sup> > 559 mm<sup>2</sup> (OK)

Jadi digunakan tulangan 4D16 – 100 mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1, Tulangan hoop tersebut diperlukan sepanjang *lo* dari ujung-ujung kolom, *lo* dipilih yang terbesar di antara :

- Tinggi elemen kolom, *h* = 600 mm
- 1/6 bentang bersih kolom = 1/6 x (3000 – 600) = 400 mm
- 450 mm

Dengan demikian, ambil *lo* = 600 mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.5, sepanjang sisa tinggi kolom bersih diberi hoops dengan spasi minimum 150 mm, atau 6 x diameter tulangan longitudinal, yaitu  $6 \times 22\text{mm} = 132\text{ mm}$ .  
Jadi digunakan tulangan 4D16-150 mm

### 7.3.6 Desain Tulangan Geser

$V_e$  tidak perlu lebih besar dari  $V_{sway}$  yang dihitung berdasarkan  $M_{pr}$  balok :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr}^+ \times DF_{top} + M_{pr}^- \times DF_{bot}}{ln}$$

dengan

DF merupakan faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain. Karena kolom lantai atas dan bawah memiliki kekakuan yang sama maka  $DF_{top} = DF_{dot} = 0,5$

$$V_{sway} = \frac{747839 \times 0,5 + 747839 \times 0,5}{2,4} = 311599\text{ N}$$

Tapi  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis, yaitu 180475 N.

Jadi ambil  $V_e = 311599\text{ N}$

$V_c$  dapat diambil = 0, jika :

- $V_e$  akibat gempa lebih besar dari  $\frac{1}{2} V_u$   
 $V_e > \frac{1}{2} V_u$   
 $311599\text{ N} > 22931,45\text{ N (OK)}$
- Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebanan gempa, kurang dari  $A_g f'_c / 50$   
 $P_u = 3617000\text{ N}$   
 $A_g f'_c / 50 = 252000\text{ N}$   
 $P_u > A_g f'_c / 20 \quad (\text{NOT OK})$

Jadi,  $V_c$  boleh diperhitungkan.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times bw \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 600 \times 539 = 317989,3\text{ N}$$

- Cek apakah dibutuhkan tulangan geser

$$\frac{Vu}{\phi} = \frac{1}{2} Vc$$

$$\frac{311599}{0,75} = \frac{1}{2} 317989,3$$

415466 > 158994,64 , jadi perlu tulangan geser

- Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum

$$\frac{Vu}{\phi} < Vc + \frac{1}{3} bw \cdot d$$

$$415466 < 317989,3 + \frac{1}{3} 600 \times 539$$

415466 < 426676,7, sehingga dibutuhkan tulangan geser minimum.

$$Av \min = \frac{1}{3} \frac{bw \times s}{fy} = 50 \text{ mm}^2$$

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan *confinement*

4 kaki D16 dengan spasi 100mm. Berarti

$$Ash = 804,24 \text{ mm}^2 > Avmin = 50 \text{ mm}^2$$

Maka persyaratan kekuatan geser terpenuhi.

Untuk kebutuhan tulangan geser di luar sendi plastis, berdasarkan Pasal 11.2.1.2 SNI 2847 – 2013 memberikan harga VC bila ada gaya aksial yang bekerja, yakni

$$Vc = 017 \cdot \left( 1 + \frac{Nu}{1,4Ag} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d$$

Dari hasil analisis SAP2000, didapatkan gaya aksial terkecil dari semua kombinasi pembebanan, yaitu:

$$Nu = 2142 \text{ kN}$$

$$\frac{Nu}{Ag} = \frac{2,142 \times 10^6 \text{ N}}{0,6 \times 0,6 \text{ m}^2} = 5,95 \text{ Mpa}$$

$$Vc = 017 \left( 1 + \frac{5,95}{1,4} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 700 \times 537 = 462197 \text{ N}$$

$V_c = 462197 \text{ N} > \frac{V_u}{\phi}$ , maka tulangan sengkang tidak dibutuhkan untuk geser pada bentang tersebut, tetapi hanya untuk confinement.

### 7.3.7 Kebutuhan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah  $1,3 l_d$ . Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.17.2.2 dimana:

$$l_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c}} \right) db$$

$$l_d = \left( \frac{400 \times 1,3 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{35}} \right) 25 = 1292,58 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.17.2.4,  $1,3l_d$  dapat dikurangi dengan cara dikalikan 0,83 jika confinement sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari  $0,0015h \times s$

$$\text{Area efektif} = 0,0015 \times 600 \times 100 = 90 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area hoops} = 559,02 \text{ mm}^2$$

Dengan demikian sambungan lewatan menjadi

$$0,83 \times 1292,58 = 1072,84 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$$

## 7.4 Hubungan Balok – Kolom

### 7.4.1 Persyaratan HBK

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar.

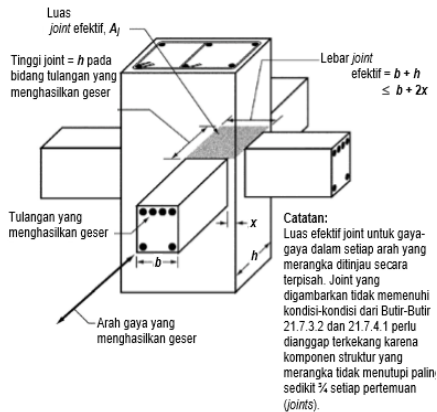
$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$20db = 20 \times 22 \text{ mm} = 440 \text{ mm} < 600 \text{ mm (OK)}$$

### 7.4.2 Luas Efektif Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1,  $A_j$  merupakan perkalian tinggi efektif dengan lebar joint efektif.



Gambar 7. 7 Hubungan Balok – Kolom

$$x = \frac{(\text{lebar kolom} - \text{lebar balok})}{2} = \frac{(600 - 400)}{2} = 100 \text{ mm}$$

Lebar efektif joint merupakan nilai terkecil dari :

- $b + h = 400 + 600 = 1000 \text{ mm}$
- $b + 2x = 400 + 2(100) = 600 \text{ mm}$

Maka lebar efektif joint adalah 600 mm

$$\begin{aligned} \text{Aj} &= \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint} \\ &= 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### 7.4.3 Tulangan Transversal untuk Confinement

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang dibutuhkan pada ujung-ujung kolom. Spasia vertical tulangan confinement ini diizinkan diperbesar hingga 150 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.2).

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,5 \frac{A_s}{s} = 0,5 \times \frac{804,25}{100} = 4,021 \text{ m}$$

Spasi yang dibutuhkan = 150 mm

Luas tulangan hoops yang dibutuhkan :

$$150 \text{ mm} \times 4,021 \text{ m} = 603,186 \text{ mm}^2$$

Coba digunakan tulangan transversal 4 D16 :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 804 \text{ mm}^2 > 603 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### 7.4.4 Gaya Geser pada Joint

Menghitung geser pada kolom :



$$M_{pr^-} = 461712905,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr^+} = 461712905,8 \text{ Nmm}$$

Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama,

$$V_{sway} = \frac{0,5 (461712905,8 + 461712905,8)}{2400} = 192380,4 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.1, hitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal. Dalam perhitungan diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah  $1,25 f_y$ .

1. Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri
  - As balok 5D22 =  $1901 \text{ mm}^2$
  - $T_1 = A_s \times 1,25 f_y = 1901 \times 1,25 \times 400$
  - =  $950331,77 \text{ N}$
2. Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kanan
  - As balok 5D22 =  $1901 \text{ mm}^2$
  - $T_2 = A_s \times 1,25 f_y = 1901 \times 1,25 \times 400$
  - =  $950331,77 \text{ N}$

Jadi gaya geser pada joint adalah :

$$\begin{aligned} V_j &= (T_1 + T_2) - V_{sway} \\ &= (950331,77 \text{ N} + 950331,77 \text{ N}) - 192380 \text{ N} \\ &= 1708283,18 \text{ N} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, untuk menghitung kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 1,7 \times \sqrt{f_c} \times A_j \\ &= 1,7 \times \sqrt{35} \times 360000 \\ &= 3620640,83 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 V_n \\ &= 3258576,745 \text{ N} > 1708283,18 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

## **BAB VIII**

### **PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA BETON PRATEGANG**

#### **8.1 Umum**

Beton prategang yang direncanakan menggunakan sistem pascatarik atau Post-tension. Yang mana gaya prategang diberikan setelah beton mengeras, kemudian dilakukan pengangkuran dikedua ujung balok. Dan metode pengecoran yang digunakan adalah monolit.

#### **8.2 Data Perencanaan**

Berikut ini adalah data perencanaan dari balok prategang:

- Bentang Balok = 13 m
- Dimensi balok prategang = 50 x 70 cm
- Tebal pelat (tf) = 14 cm
- Mutu beton prategang ( $f'c$ ) = 40 MPa
- Mutu beton pelat ( $f'c$ ) = 35 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Decking beton prategang = 50 mm

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton saat belum keras, diambil waktu curing 14 hari, sehingga nilai  $f_{ci}$  dihitung dengan cara sebagai berikut (acuan koefisien berdasarkan PBI)

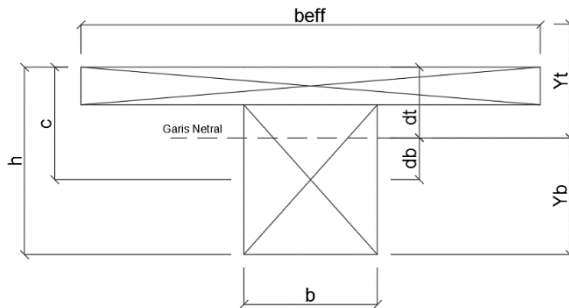
- $f_{ci} = 0,88 \times 40 = 35.2 \text{ MPa}$

### 8.3 Dimensi Penampang

Perhitungan penampang diawali dengan menghitung lebar efektif sayap balok T. Lebar efektif berdasarkan SNI 28472013 pasal 8.12.2 tidak boleh melebihi ketentuan sebagai berikut:

- $b_{eff 1} = L / 4 = 13 / 4 = 3,25 \text{ m}$
- $b_{eff 2} = b + 8t_f = 0,5 + (8 \times 0,14) = 1,62 \text{ m}$
- $b_{eff 3} = \frac{1}{2} (L - b) = \frac{1}{2} (13 - 0,5) = 6,25 \text{ m}$

Sehingga besar lebar efektif yang digunakan adalah nilai terkecil dari persyaratan tersebut yaitu sebesar 1620 mm.



Gambar 8. 1 Penampang Balok Prategang

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal. 8.5.1, maka nilai modulus elastisitas beton untuk masing – masing pelat dan balok adalah sebagai berikut :

- $E_{balok} = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{40} = 29725 \text{ MPa}$
- $E_{pelat} = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ MPa}$
- $n = \frac{E_{balok}}{E_{pelat}} = 1,069$
- $A1(\text{pelat}) = b_{eff} \times t_f = 162 \times 14 = 2268 \text{ cm}^2$
- $A2(\text{balok}) = b \times (h - t_f)$   
 $= 50 \times (70 - 14)$

$$= 2800 \text{ cm}^2$$

- A total = 5068 mm<sup>2</sup>
- c =  $\frac{h-tf}{2} + tf$
- =  $\frac{70-14}{2} + 14$
- = 42 cm
- Yt =  $\frac{A_{pelat} \times \frac{tf}{2} + A_{balok} \times c}{A_{total}}$
- =  $\frac{2268 \times 7 + 2800 \times 42}{5068}$
- = 26,34 cm
- Yb = h - Yt = 70 - 26,34 = 43,66 cm
- dt = Yt - tf/2 = 26,34 - 7 = 19,34 cm
- db = Yb - h - tf/2 = 43,66 - 70 - 7 = 15,66 cm
- I =  $\frac{1}{12}bh^3 + (A1 \cdot db^2) + \frac{be}{12}tf^3 + (A2 \cdot dt^2)$
- = 2964509,5 cm<sup>4</sup>
- Wt = I/Yt = 112560,56 cm<sup>3</sup>
- Wb = I/Yb = 67895,26 cm<sup>3</sup>
- Kt = Wb / A total = 22,21 cm
- Kb = Wt / A total = 13,39 cm

#### 8.4 Tegangan Ijin Beton

Tegangan ijin beton tidak boleh melampaui nilai-nilai berikut :

1. Segera setelah peralihan gaya prategang (sebelum kehilangan), tegangan serat terluar memiliki nilai sebagai berikut :
  - Tegangan Tekan : 0.60fci (SNI 03-2847-2013 pasal 18.4.1)
  - $\sigma_{tk} = 0,6 \times f_{ci} = 0,6 \times 35,2 = 21,12 \text{ MPa}$

- Tegangan tarik terluar direncanakan untuk tidak dapat terjadi retak, sehingga diklasifikasikan sebagai kelas T :  
 $\sigma_{tr} = f_t > 0,5\sqrt{f'c}$  (SNI 03-2847-2013 pasal 18.4.1)  
 $\sigma_{tr} = 0,5\sqrt{35,2} = 2,97 \text{ MPa}$
  - Tegangan tekan terluar pada ujung-ujung komponen struktur di atas perletakan sederhana :  $0.70 f'c$  (SNI 2847:2013 pasal 18.4.1)  
 $\sigma_{tk} = 0,7 \times f'c = 0,7 \times 35,2 = 24,64 \text{ MPa}$
  - Tegangan tarik terluar pada ujung-ujung komponen struktur di atas perletakan sederhana (SNI 2847:2013 pasal 18.4.1 c)  
 $\sigma_{tr} = 0,5\sqrt{35,2} = 2,97 \text{ MPa}$
2. Pada kondisi beban layan (setelah terjadi kehilangan prategang)
- Tegangan tekan : (SNI 2847:2013 pasal 18.4.2.)  
 $\sigma_{tk} = 0.6 \times f'c = 0.6 \times 40 = 24 \text{ MPa}$
  - Tegangan tarik (SNI 2847:2013 pasal 18.3.3)  
 Kelas T  $= 0.62\sqrt{f'c} < f_t \leq \sqrt{f'c}$   
 $= 3,92 \text{ MPa} < f_t \leq 6,32 \text{ MPa}$   
 Digunakan  $0.7\sqrt{f'c} = 4,42 \text{ MPa}$

### 8.5 Gaya Awal Prategang

Tegangan pada beton yang diijinkan

#### Pada saat transfer

Tengah bentang :

- Tarik ijin : 2,96 MPa
- Tekan ijin : 21,12 MPa

Tumpuan :

- Tarik ijin : 2,96 MPa

- Tekan ijin : 24,64 Mpa

#### Pada saat servis

Tengah bentang :

- Tarik ijin : 4,43MPa
- Tekan ijin : 24 Mpa

Tumpuan :

- Tarik ijin : 24 MPa
- Tekan ijin : 4,43 Mpa

#### Rekapitulasi Momen

Akibat berat sendiri balok (SAP 2000) :

MD Tumpuan = 344,67 kNm

MD Lapangan = 322,38kNm

Akibat berat sendiri dan berat tambahan (SAP 2000) :

MSD Tumpuan = 388,28kNm

MSD Lapangan = 361,38 kNm

Akibat beban mati dan beban hidup (SAP 2000) :

MT Tumpuan = 468,9 kNm

MT Lapangan = 434,48 kNm

Besar gaya prategang yang dibutuhkan diambil berdasarkan beberapa persamaan, yaitu persamaan pada serat

atas dan bawah tengah bentang saat transfer dan saat beban layan.

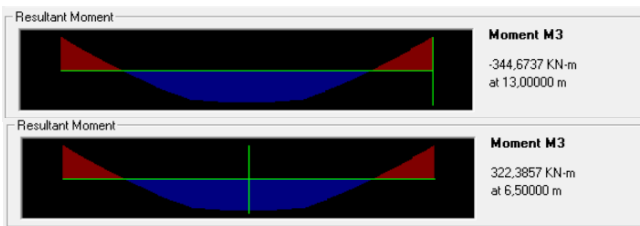
$$Eo \text{ rencana tumpuan} = yt - d' = 263,37 - 74 = 100 \text{ mm}$$

$$Eo \text{ rencana lapangan} = 340 \text{ mm}$$

1. Saat transfer

$$\text{Momen tumpuan} = 344670000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 322380000 \text{ Nmm}$$



Gambar 8. 2 Momen Balok Prategang Saat Transfer

- Tumpuan  
Serat atas

$$\sigma > -\frac{Fo}{A} + \frac{Fo \times e}{Wt} - \frac{M}{Wt}$$

$$2,97 > -\frac{Fo}{506800} + \frac{Fo \times (-100)}{112560566} - \frac{-344670000}{112560566}$$

$$Fo = 33410,1 \text{ N}$$

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{Wb} - \frac{M}{Wb}$$

$$-24,64 > -\frac{F_o}{506800} + \frac{F_o \times (-100)}{67895257} - \frac{-344670000}{67895257}$$

$$F_o = 39102918 \text{ N}$$

- Lapangan  
Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{Wt} - \frac{M}{Wt}$$

$$-21,12 > -\frac{F_o}{506800} + \frac{F_o \times 340}{112560566} - \frac{322380000}{112560566}$$

$$F_o = 17429253,3 \text{ N}$$

- Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{Wb} - \frac{M}{Wb}$$

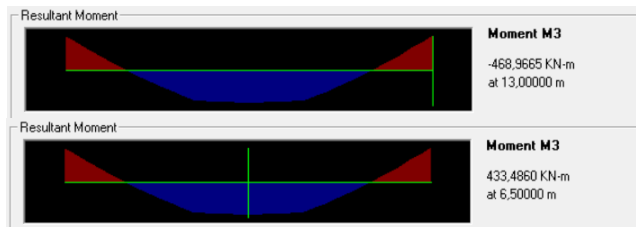
$$2,97 > -\frac{F_o}{506800} + \frac{F_o \times 340}{67895257} - \frac{322380000}{67895257}$$

$$F_o = 255228,2 \text{ N}$$

2. Saat servis

Momen tumpuan = 468900000 Nmm

Momen lapangan = 434480000 Nmm



Gambar 8. 3 Momen Balok Prategang saat Servis

- Tumpuan



Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{Wt} - \frac{M}{Wt}$$

$$2,97 > -\frac{F_o}{506800} + \frac{F_o \times (-100)}{112560566} - \frac{-468900000}{112560566}$$

$$F_o = 419336,34 \text{ N}$$

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{Wb} - \frac{M}{Wb}$$

$$-24,64 > -\frac{F_o}{506800} + \frac{F_o \times (-100)}{67895257} - \frac{-468900000}{67895257}$$

$$F_o = 35445711,4 \text{ N}$$

- Lapangan

Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{Wt} - \frac{M}{Wt}$$

$$-21,12 > -\frac{F_o}{506800} + \frac{F_o \times 340}{112560566} - \frac{434480000}{112560566}$$

$$F_o = 16478443 \text{ N}$$

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{Wb} - \frac{M}{Wb}$$

$$2,97 > -\frac{F_o}{506800} + \frac{F_o \times 340}{67895257} - \frac{434480000}{67895257}$$

$$F_o = 491741,7 \text{ N}$$

Diambil :

$$F_o = 1500000 \text{ N}$$

$$F_{eff} = 1200000 \text{ N (asumsi 80% } F_o)$$

## 8.6 Daerah Limit

Daerah limit kabel selain dibatasi oleh kern pada balok juga dibatasi oleh nilai amin dan amax yang didapat dari perhitungan berikut:

$$a_{max} = \frac{MT}{F_{eff}} = \frac{434,48}{1200} = 0,362 \text{ m} = 36,2 \text{ cm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{senggang} + (1/2 \text{ Ølentur})$$

$$= 50 + 13 + 11 = 74 \text{ mm}$$

Syarat :

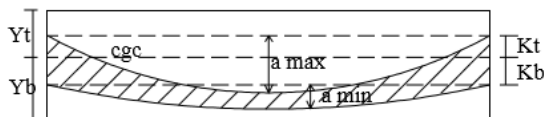
$$a_{max} \leq y_b + k_t - d'$$

$$36,2 \leq 43,66 + 22,21 - 7,4$$

$$36,2 \leq 58,47 \text{ cm (OK)}$$

$$a_{min} = \frac{MT}{F_{eff}} = \frac{322,38}{1500} = 0,2149 = 21,49 \text{ cm}$$

Nilai perhitungan analisa diatas dapat dilihat pada gambar dibawah ini mengenai batasan daerah dimana letak kabel dapat atau boleh ditempatkan



Gambar 8. 4 Daerah Limit Kabel

Pemilihan letak tendon harus berada pada range daerah limit kabel sesuai gambar skema di atas, selain itu pemilihan letak tendon juga harus memperhatikan tebal decking yang disyaratkan oleh SNI yaitu minimal 4 cm sehingga untuk daerah lapangan:

$$a_{max} - K_T < e_o \text{ lapangan} < K_b + a_{min} - \text{selisih syarat}$$

dimana selisih syarat didapat dengan nilai:

$$a_{min} - (\text{syarat amin})$$

dengan (syarat amin) sebesar  $(y_b - K_b - d')$  agar terpenuhi syarat minimum decking sebesar 4 cm.

$$\text{Syarat amin} = y_b - k_b - d' = 22,86 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih syarat} &= a_{min} - \text{syarat amin} \\ &= 24,09 - 22,86 = 1,37 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$a_{max} - K_t < e_o \text{ lap} < K_b + a_{min} - \text{selisih syarat}$$

$$13,99 < e_o \text{ lapangan} < 36,26$$

$$E_o \text{ lapangan} = Y_b - d' = 33,6 \text{ cm} = 336,6 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$$

$$E_o \text{ tumpuan} < K_t$$

$$E_o \text{ tumpuan} = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$

Kemudian, dilakukan kontrol tegangan pada setiap kondisi yaitu, pada saat kondisi transfer dan beban layan di setiap lantainya.

Eksentrisitas tendon yang direncanakan yaitu :

$$\text{Tumpuan} = 100 \text{ mm (di atas cgc)}$$

$$\text{Lapangan} = 340 \text{ mm (di bawah cgc)}$$

## 8.7 Kontrol Tegangan

Kontrol tegangan dibagi 2 kondisi, yaitu saat transfer dan saat beban layan :

1. Saat transfer

$$\text{Momen tumpuan} = 344670000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 322380000 \text{ Nmm}$$

- Tumpuan

Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{W_t} - \frac{M}{W_t}$$

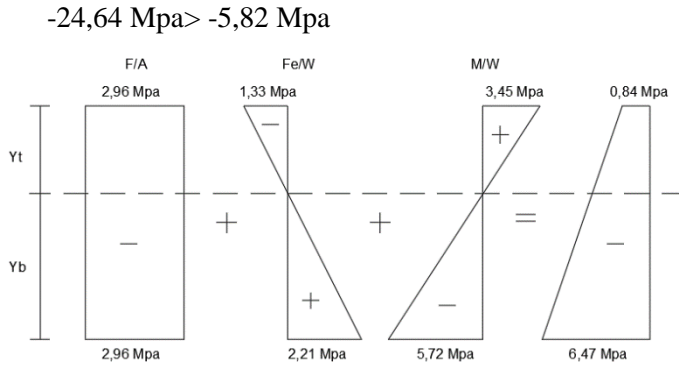
$$2,97 > -\frac{1500000}{506800} + \frac{150000 \times (-100)}{112560566} - \frac{-344670000}{112560566}$$

$$2,97 \text{ Mpa} > -1,23 \text{ Mpa}$$

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F}{A} + \frac{F_o \times e}{W_b} - \frac{M}{W_b}$$

$$-24,64 > -\frac{1500000}{506800} + \frac{1500000 \times (-100)}{67895257} - \frac{-344670000}{67895257}$$



Gambar 8. 5 Diagram Tegangan pada Tumpuan saat Transfer

- Lapangan  
Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{W_t} - \frac{M}{W_t}$$

$$-21,12 > -\frac{1500000}{506800} + \frac{1500000 \times 340}{112560566} - \frac{322380000}{112560566}$$

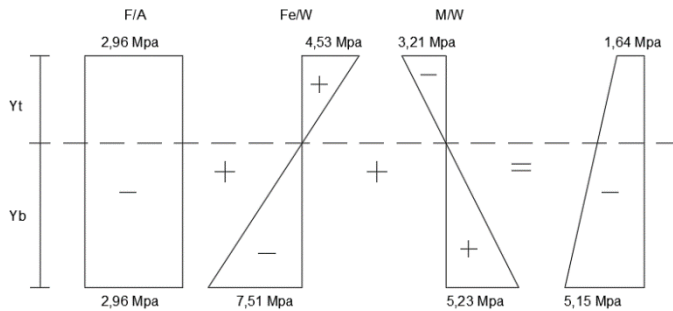
$-21,12 \text{ Mpa} > -1,29 \text{ Mpa}$

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e}{W_b} - \frac{M}{W_b}$$

$$2,97 > -\frac{1500000}{506800} + \frac{1500000 \times 340}{67895257} - \frac{322380000}{67895257}$$

$2,97 \text{ Mpa} > -5,82 \text{ Mpa}$



Gambar 8. 6 Diagram Tegangan Tengah Bentang saat Transfer

## 2. Saat servis

Momen tumpuan = 468900000 Nmm

Momen lapangan = 434480000 Nmm

### - Tumpuan

Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_t} - \frac{M}{W_t}$$

$$2,97 > -\frac{1200000}{506800} + \frac{1200000 \times (-100)}{112560566} - \frac{-468900000}{112560566}$$

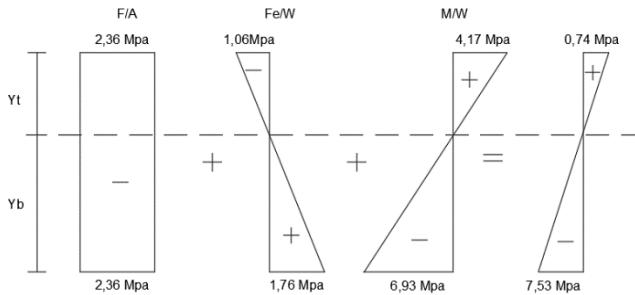
$$2,97 \text{ Mpa} > 0,73 \text{ Mpa}$$

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_b} - \frac{M}{W_b}$$

$$-24,64 > -\frac{1200000}{506800} + \frac{1200000 \times (-100)}{67895257} - \frac{-468900000}{67895257}$$

$$-24,64 \text{ Mpa} > -7,5 \text{ Mpa}$$



Gambar 8. 7 Diagram Tegangan pada Tumpuan Saat Servis

- Lapangan

Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_t} - \frac{M}{W_t}$$

$$-21,12 > -\frac{1200000}{506800} + \frac{1200000 \times 340}{112560566} - \frac{434480000}{112560566}$$

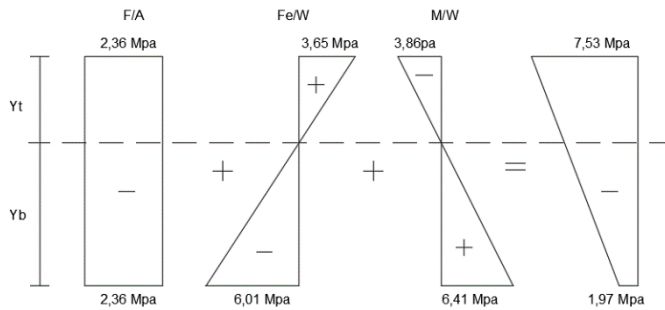
-21,12 Mpa > -2,6 Mpa

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_b} - \frac{M}{W_b}$$

$$2,97 > -\frac{1200000}{506800} + \frac{1200000 \times 340}{67895257} - \frac{434480000}{67895257}$$

2,97 Mpa > 1,97 Mpa



Gambar 8. 8 Diagram Tegangan pada Tengah Bentang Saat Servis

### 8.8 Penentuan Tendon Yang Digunakan

Dari gaya prategang yang telah ditentukan dengan tegangan sesuai dengan tegangan ijin maka penentuan jumlah strand kabel dapat dilakukan. Adapun data data strand kabel diambil dari tabel VSL sebagai berikut:

Tipe strand	= ASTM A 416-06 Grade 270
Diameter Strand	= 12,7 mm
Luas Nominal area	= 98,7 mm <sup>2</sup> .
Fpu	= 1860 MPa
Fpy	= 1675 MPa

Penggunaan kabel strand untuk tendon prategang diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 18.5.1 tentang tegangan ijin untuk baja prategang dimana tegangan akibat gaya pengangkur tendon diambil nilai terkecil antara  $0,94f_{py}$ ,  $0,80f_{pu}$  dan



0,70fpu dimana nilai fpu dan fpy dapat dihitung sebagai berikut:

$$0,94 fpy = 1574,5 \text{ MPa}$$

$$0,80 fpu = 1488 \text{ MPa}$$

$$0,70 fpu = 1302 \text{ MPa}$$

Diambil nilai terkecil diantara ketiganya yaitu 1302 MPa = fst

Dengan nilai tegangan ijin tendon yang didapat, dapat dihitung jumlah luasan strand yang dibutuhkan untuk menghasilkan gaya prategang  $F = 1500000 \text{ N}$  yang diinginkan.

$$A_{ps} = \frac{F}{f_{st}} = \frac{1500000}{1302} = 1152,07 \text{ mm}^2$$

Jumlah strand :

$$n = \frac{A_{ps}}{A_s} = \frac{1152,07}{98,7} = 11,67 \text{ buah} = 12 \text{ buah}$$

Dari data kabel strand yang diperoleh maka direncanakan balok prategang menggunakan 12 buah tendon. Adapun spesifikasi tendon sesuai dengan tabel VSL adalah sebagai berikut :

Tipe tendon = tendon unit 5-12

Jumlah Strand = 12

Min break.load = 2204 kN

Luas tendon =  $98,7 \times 12 = 1184,4 \text{ mm}^2$

Kontrol tegangan tendon :

$$F / A_p < 0,7 \text{ fpu}$$

$$1266,464 < 1302 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

## 8.9 Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang adalah berkurangnya gaya prategang dalam tendon saat tertentu dibanding pada saat stressing. Dimana kehilangan gaya prategang yang terjadi sesuai dengan tahapan-tahapan kondisi beban kerja. Kehilangan gaya prategang dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu kehilangan langsung dan tergantung waktu.

### 8.9.1 Kehilangan Prategang Langsung

Kehilangan langsung adalah kehilangan yang terjadi segera setelah beton diberi gaya prategang.

1. Kehilangan akibat slip ankur (SNI 2847:2013 pasal 18.6.1.a)

Kehilangan ini terjadi pada saat tendon ditarik sampai nilai gaya prategang penuh kemudian dongkrak dilepas sehingga gaya prategang teralihkan ke ankur. Pada metode pascatarik setelah pemberian gaya prategang dan dongkrak dilepas gaya jacking dialihkan ke ankur. Perlengkapan dalam ankur yang mengalami tegangan pada saat peralihan cenderung mengalami deformasi, sehingga tendon dapat tergelincir sedikit.

Besarnya nilai kehilangan prategang akibat slip ankur dapat dihitung dengan perumusan berikut :

$$\Delta f_{pA} = 2f_{st} \times \left( \frac{\mu \times \alpha}{L} + K \right) \times x$$

$$X = \sqrt{\frac{Es \times g}{f_{pi} \left( \frac{\mu \times \alpha}{L} + K \right)}} < \frac{L}{2}$$

Dimana :

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$g = 0,25 \text{ cm} = 2,5 \text{ mm}$$

$$\mu = 0,15$$

$$K = 0,0016$$

$$\alpha = \frac{8 \times f}{L} = \frac{8 \times 340}{13000} = 0,209 \text{ mm}$$

$$X = \sqrt{\frac{200000 \times 2,5}{1302 \left( \frac{0,15 \times 0,209}{13000} + 0,0016 \right)}} < \frac{13000}{2}$$

$$X = 489,54 \text{ mm} < 6500 \text{ mm}$$

Karena pengaruh tegangan belum mencapai tengah bentang, maka kehilangan tegangan tidak terjadi pada tengah bentang. Sehingga :

$$\Delta f_{pA} = 0$$

Persentase kehilangan prategang akibat slip ankur :

$$\% = \frac{0}{1302} \times 100\% = 0 \%$$

2. Kehilangan akibat perpendekan elastis (SNI 2847:2013 pasal 18.6.1.b)

Akibat gaya jacking yang terjadi pada tendon prategang maka beton akan mengalami perpendekan elastis

(karena tekanan gaya tekan), struktur balok akan memendek dan kabel juga ikut mengalami perpendekan yang menyebabkan berkurangnya gaya prategang awal. Namun pada metode pasca tarik dengan satu tendon saja kehilangan akibat elastisitas beton sangatlah kecil dan cenderung diabaikan. Sehingga kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis tidak perlu diperhitungkan. Maka,

$$\Delta f_{pES} = 0$$

### 3. Kehilangan akibat gesekan (SNI 2847:2013 pasal 18.6.2)

Perhitungan kehilangan prategang diakibatkan oleh gesekan antara material beton dan baja prategang saat proses pemberian gaya prategang. Pada saat tendon ditarik dengan gaya  $F_0$  diujung pendongkrakan, maka tendon tersebut akan mengalami gesekan sehingga tegangan pada tendon akan bervariasi dari bidang pendongkrakan ke jarak panjang bentang. Kehilangan prategang akibat gesekan (wobble effect) dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$\Delta f_{pF} = f_1 - f_2 = f_1(1 - e^{-(\mu\alpha + KL)})$$

Dimana :

$L$  = panjang balok prategang 21 meter

$\alpha$  = sudut kelengkungan tendon  
 $= 8e/L = 8 \times 340 / 13000 = 0,209$  rad

$\mu$  = koefisien kelengkungan 0,15

$K$  = koefisien woble 0,0016

Sehingga nilai  $\Delta f_{pF}$  adalah sebagai berikut :

$$\Delta f_{pF} = 1302(1 - e^{-(0,15 \times 0,209 + 0,0016 \times 13)}) = 66,19 \text{ MPa}$$

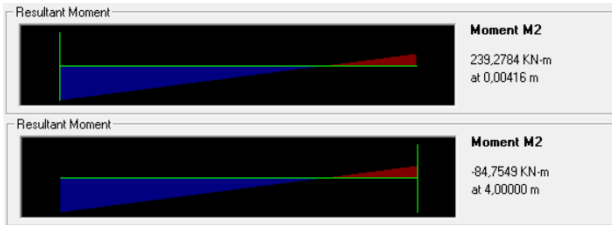
Persentase kehilangan prategang akibat gesekan :

$$\% = \frac{66,19}{1302} \times 100\% = 5,08 \%$$

#### 4. Kehilangan akibat kekangan kolom

Beton prategang dengan desain cor monolit harus diperhatikan kehilangan prategang akibat kekekangan kolom. Hal ini terjadi karena saat dilakukan jacking beton terkekang oleh kekakuan kolom. Gaya perlawanan yang diberikan oleh kolom menahan reaksi perpendekan beton akibat gaya jacking yang terjadi. Gaya perlawanan kolom ini menyebabkan berkurangnya gaya prategang karena sebagian gaya prategang yang diberikan digunakan mengatasi perlawanan gaya kolom.

Besarnya momen yang terjadi pada lantai atap akibat jacking didapat dari program bantu SAP 2000, sehingga didapat momen sebagai berikut :



Gambar 8. 9 Momen pada Kolom

$$MA = 239,27 \text{ kNm}$$

$$MB = 84,75 \text{ kNm}$$

$$\Delta P = \frac{(239,27 + 84,75)}{4} = 81,005 \text{ kN} = 81005 \text{ N}$$

$$\Delta f_{pk} = \Delta P / A_{ps} = 70,3 \text{ MPa}$$

Persentase kehilangan prategang akibat kekangan kolom :

$$\% = \frac{70,3}{1302} \times 100\% = 5,4 \%$$

### 8.9.2 Kehilangan Prategang Tergantung Waktu

Hilangnya gaya awal yang ada terjadi secara bertahap dan dalam waktu yang relatif lama (tidak secara langsung seketika saat pemberian gaya prategang). Tahap pertama dihitung pada waktu sesaat setelah penyaluran gaya prategang yang mana pada perancangan ini diasumsikan terjadi 18 jam setelah penarikan strand, tahap kedua dihitung pada waktu 30 hari pada saat beban mati tambahan dan beban hidup mulai bekerja, tahap terakhir dihitung saat dua tahun sesudah topping beton diletakan. Adapun macam kehilangan tidak langsung adalah sebagai berikut:

#### TAHAP I

1. Kehilangan akibat rangkak  
Pada tahapan ini karena sesaat setelah penyaluran gaya prategang maka kehilangan akibat rangkak beton sangat kecil sehingga cenderung diabaikan maka nilainya 0.
2. Kehilangan Akibat Susut  
Pada tahapan ini karena sesaat setelah penyaluran gaya prategang maka kehilangan akibat rangkak beton sangat kecil sehingga cenderung diabaikan maka nilainya 0.
3. Kehilangan Akibat Relaksasi Baja  

$$F_{pi} = 0,7 \times f_{pu} = 1302 \text{ Mpa}$$

$$F_{py} = 1675 \text{ Mpa}$$
 Sehingga didapat nilai  $f_{pi}/f_{py} = 0,77 > 0,55$  maka relaksasi baja diperhitungkan.  
 Diasumsikan transfer prategang terjadi setelah 18 jam sesudah penarikan strand dan untuk baja relaksasi rendah,

penyebut di dalam suku log dalam persamaan tersebut dibagi dengan 45, sehingga diperoleh nilai:

$$\Delta fpR = 1302 \times \left( \frac{\log 18}{45} \right) \left( \frac{1302}{1675} - 0,55 \right) = 8,25 \text{ Mpa}$$

Total kehilangan prategang tahap I :

$$\begin{aligned} F_{pt} &= \Delta fpA + \Delta fpR + \Delta fcR + \Delta fpSH \\ &= 0 + 8,25 + 0 + 0 \\ &= 8,25 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Jadi jumlah besarnya kehilangan prategang pada tahap I adalah sebesar 8,175 MPa.

Jadi tegangan strand di akhir Tahap I adalah :

$$\begin{aligned} F_{pe} &= f_i - fpT \\ &= 1302 - 8,25 = 1293,7 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

## TAHAP II

### 1. Kehilangan akibat relaksasi baja

Diketahui dari pehitungan sebelumnya nilai gaya prategang yang tersisa setelah kehilangan langsung, luas strand dan tegangan setelah kehilangan berturut turut adalah:

$$F_{ps} = f_i - fpT = 1302 - 8,25 = 1293,7 \text{ Mpa}$$

$$F_{py} = 1675 \text{ Mpa}$$

Sehingga didapat nilai  $f_{pi}/f_{py} = 0,77 > 0,55$  maka relaksasi baja diperhitungkan.

Diasumsikan transfer prategang terjadi setelah 18 jam sesudah penarikan strand dan untuk baja relaksasi rendah, penyebut di dalam suku log dalam persamaan tersebut dibagi dengan 45, sehingga diperoleh nilai:

$$\Delta fpR = 1293,7 \times \left( \frac{\log 720 - \log 18}{45} \right) \left( \frac{1293,7}{1675} - 0,55 \right)$$

$$\Delta fpR = 10,24 \text{ Mpa}$$

2. Kehilangan akibat susut

Kehilangan prategang akibat susut dipengaruhi oleh ratio penampang dan kelembaban udara. Jika kelembaban udara relatif rata-rata diasumsikan sebesar  $RH = 70\%$  maka perbandingan ratio penampang  $V/S$  adalah perbandingan antara luas dan keliling.

$$V = 5068 \text{ cm}^2$$

$$S = 464 \text{ cm}$$

Maka nilai  $V/S = 10,92 \text{ cm}$

KSH diambil dari Tabel 3.2 didapat nilai KSH untuk 30 hari sebesar 0,58. Sehingga didapat nilai susut sebagai berikut :

$$\Delta f_{pSH} = \frac{8,2}{1000000} K_{sh} E_{ps} \left( 1 - \frac{0,236V}{S} \right) \times (100 - RH)$$

$$\Delta f_{pSH} = 21,18 \text{ Mpa}$$

3. Kehilangan akibat rangkai

Akibat rangkai kehilangan dipengaruhi oleh tegangan beban mati tambahan yang bekerja setelah transfer prategang. Sehingga nilai  $f_{csd}$  adalah tegangan yang didapat dari momen akibat beban mati tambahan tanpa termasuk berat sendiri balok dan  $f_{cs}$  merupakan tegangan beton pada daerah cgs akibat gaya prategang sesaat setelah transfer.

Nilai KCR diambil 1,6 untuk post tension prestress. Nilai ratio modulus ( $n$ ) merupakan perbandingan nilai modulus elastisitas baja prategang dengan modulus elastisitas beton.

$$E_{ps} = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 29725,4 \text{ Mpa}$$

$$n = 6,7$$



Nilai  $f_{cir}$  merupakan besarnya tegangan akibat berat sendiri sesaat setelah gaya jacking.  $f_{cir}$  didapat dengan perumusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_D &= q \times l^2 \times 1/12 = 17129,84 \text{ kgm} \\ f_{cir} &= \frac{F}{Ac} + \frac{F \times e^2}{Ic} - \frac{MD \times e}{Ic} \\ &= \frac{1500000}{506800} + \frac{1500000 \times 340^2}{29645094824} - \frac{17129,8 \times 340}{29645094824} \\ &= 8,8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Akibat berat mati tambahan ( $f_{csd}$ ) adalah momen akibat beban mati tambahan dan beban hidup 70 % didapat dari program SAP2000.

$$\begin{aligned} M_{SD} &= 386,68 \text{ kNm} \\ f_{csd} &= \frac{MSD \times e}{I} = 4,43 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sehingga didapat nilai rangkai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta f_{pCR} &= nKcr(f_{cir} - f_{csd}) \\ \Delta f_{pCR} &= 6,7 \times 1,6 \times (8,8 - 4,43) = 47,08 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Jadi jumlah besarnya kehilangan prategang pada tahap II adalah sebesar 78,5 MPa.

Jadi tegangan strand di akhir Tahap II adalah :

$$\begin{aligned} F_{pe} &= f_i - fpT \\ &= 1293,7 - 78,5 = 1215,23 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

### TAHAP III

#### 1. Kehilangan akibat relaksasi baja

Diketahui dari perhitungan sebelumnya nilai gaya prategang yang tersisa setelah kehilangan langsung, luas strand dan tegangan setelah kehilangan berturut turut adalah:

$$F_{pe} = 1215,23 \text{ Mpa}$$

Kehilangan tegangan akibat relaksasi baja adalah :

$$\Delta fpR = 1215,2 \times \left( \frac{\log 17520 - \log 720}{45} \right) \left( \frac{1215,2}{1675} - 0,55 \right)$$

$$\Delta fpR = 6,57 \text{ Mpa}$$

Total kehilangan prategang :

$$fpT = 6,57 \text{ Mpa}$$

Jadi jumlah besarnya kehilangan prategang pada tahap III adalah sebesar 6,57 MPa.

Tabel 8. 1 Rekapitulasi Kehilangan Pratekan

Tahap	Tegangan (MPa)	Persentase (%)
Sesudah penarikan	1302	100
Slip Angkur	0	0
Perpendekan elastis	0	0
Gesekan	66,19	5,08
Kekangan kolom	70,3	5,4
Rangkak	46,88	3,6
Susut	21,18	1,62
Relaksasi baja	25,07	1,92
Tegangan akhir	1072,34	82,36
Kehilangan total	100-82,36	17,63

### 8.10 Kontrol Gaya Prategang Setelah Kehilangan

Besar gaya prategang setelah terjadi kehilangan prategang ialah sebesar berikut :

$$F_{\text{eff}} = \frac{100-17,63}{100} \times 1500000 = 1235425,29 \text{ N}$$

Kontrol gaya prategang setelah kehilangan prategang dari hasil perhitungan,  $F_{\text{eff}} = 1235425,29 \text{ N}$

Saat servis

$$\text{Momen tumpuan} = 344670000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 322380000 \text{ Nmm}$$

- Tumpuan

Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_t} - \frac{M}{W_t}$$

$$2,97 > -\frac{1235425,29}{506800} + \frac{1235425,29 \times (-100)}{112560566} - \frac{-344670000}{112560566}$$

$$2,97 > 0,64$$

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_b} - \frac{M}{W_b}$$

$$-24,64 > -\frac{1235425,29}{506800} + \frac{1235425,29 \times (-100)}{67895257} - \frac{-344670000}{67895257}$$

$$-24,64 > -7,54$$

- Lapangan

Serat atas

$$\sigma_t > -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_t} - \frac{M}{W_t}$$

$$-21,12 > -\frac{1235425,29}{506800} + \frac{1235425,29 \times 340}{112560566} - \frac{322380000}{112560566}$$

$$-21,12 > -2,57$$

Serat bawah

$$\sigma_b > -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_b} - \frac{M}{W_b}$$

$$2,97 > -\frac{1235425,29}{506800} + \frac{1235425,29 \times 340}{67895257} - \frac{322380000}{67895257}$$

$$2,97 > -2,21$$

## 8.11 Penulangan Lentur

### 8.11.1 Daerah Tumpuan

Penulangan pada daerah tumpuan direncanakan sebagai berikut :

#### 8.11.1.1 Momen Nominal Tendong Prategang

$$A_{ps} = 1152,07 \text{ mm}^2$$

$$d = h - d' = 700 - 100 = 600 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,764$$

$$\gamma_p = 0,55$$

$$F_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

$$F_{ps} = f_{pu} \left\{ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \right\}$$

Untuk sembarang tulangan tekan yang dihitung, maka :

$$\left[ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \text{ dapat diambil tidak kurang dari } 0,17.$$

$$F_{ps} = 1860 \left\{ 1 - \frac{0,55}{0,746} [0,17] \right\}$$

$$= 1632,45 \text{ MPa}$$

$$T = A_{ps} \times f_{ps}$$

$$= 1152,07 \times 1632,45$$

$$= 1880707,61 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$= \frac{1880707,61}{0,85 \times 40 \times 500}$$

$$= 110,63 \text{ mm}$$

$$M_n = T(d - a/2) = 1880707,61 \times (600 - 110,63/2)$$

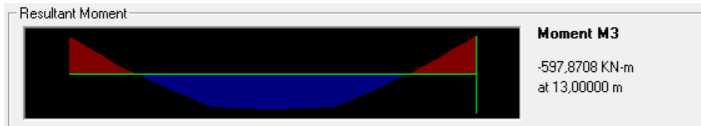
$$= 1024393357 \text{ Nmm}$$

$$= 1024,393357 \text{ kNm}$$

$$25\% \phi M_n = 0,25 \times 0,9 \times 1024,393357$$

$$= 230,488 \text{ kNm}$$

Dengan menggunakan program SAP, diperoleh Mu akibat gempa maksimal = 597,87 kNm



Gambar 8. 10 Momen Tumpuan akibat Gempa Maksimal

Sehingga Momen yang harus di tanggung tulangan lunak  $M_u - 25\% \phi M_n = 597,87 - 230,488 = 367,38 \text{ kNm}$ . Jadi momen yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan tulangan lunak tambahan adalah 367,38 kNm.

### 8.11.1.2 Perhitungan Penulangan Lentur

Data Perencanaan :

- $M_u = 367,38 \text{ kNm} = 367382294,7 \text{ Nmm}$
- $F_c = 40 \text{ MPa}$
- $F_y = 400 \text{ MPa}$
- Dimensi balok :
  - $b = 50 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 h &= 70 \text{ cm} \\
 - \text{ Dimensi kolom} \\
 b &= 60 \text{ cm} \\
 h &= 60 \text{ cm} \\
 - \text{ Panjang (L)} &= 13 \text{ m} \\
 - \text{ D lentur} &= 25 \text{ mm} \\
 - \text{ D sengkang} &= 13 \text{ mm} \\
 - \text{ Decking} &= 50 \text{ mm} \\
 - d &= 700 - 50 - 13 - 25/2 = 624,5 \text{ mm} \\
 - R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{367382294,7}{0,9 \times 500 \times 624,5^2} \\
 &= 2,09 \text{ N/mm}^2 \\
 - \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0389 \\
 - \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,029 \\
 - \rho_{\min} &= 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \\
 &= 0,25 \times \frac{\sqrt{40}}{400} \\
 &= 0,00395 \\
 - m &= \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76 \\
 - \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,76} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 2,09}{400}} \right) \\
 &= 0,0054
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$$

- Tulangan tumpuan atas
  - As perlu =  $\rho \times b \times d$ 

$$= 0,00504 \times 500 \times 624,5$$

$$= 1687,78 \text{ mm}^2$$
  - n = As perlu / As tul
 
$$= 1687,78 / 490,62$$

$$= 3,44 \approx 4 \text{ buah}$$
- Tulangan tumpuan bawah
  - As min = 0,5 As perlu
 
$$= 843,9 \text{ mm}^2$$
  - n = As min / As tul
 
$$= 843,9 / 490,62$$

$$= 1,72 \approx 2 \text{ buah}$$
- Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$S = \frac{bw - 2.t - 2\phi_{seengkang} - n.\phi_{tulangan\ utama}}{n-1}$$

$$= \frac{500 - 2.50 - 2.13 - 4.25}{4-1}$$

$$= 91,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

### 8.11.2 Daerah Lapangan

Penulangan pada daerah lapangan direncanakan sebagai berikut :

### 8.11.2.1 Momen Nominal Tendong Prategang

$$A_{ps} = 1152,07 \text{ mm}^2$$

$$d = h - d' = 700 - 100 = 600 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,764$$

$$\gamma_p = 0,55$$

$$F_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

$$F_{ps} = f_{pu} \left\{ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \right\}$$

Untuk sembarang tulangan tekan yang dihitung, maka :

$\left[ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right]$  dapat diambil tidak kurang dari 0,17.

$$F_{ps} = 1860 \left\{ 1 - \frac{0,55}{0,746} [0,17] \right\}$$

$$= 1632,45 \text{ MPa}$$

$$T = A_{ps} \times f_{ps}$$

$$= 1152,07 \times 1632,45$$

$$= 1880707,6 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$= \frac{1880707,6}{0,85 \times 40 \times 500}$$

$$= 110,63 \text{ mm}$$

$$M_n = T(d - a/2) = 1880707,6 \times (600 - 110,63/2)$$



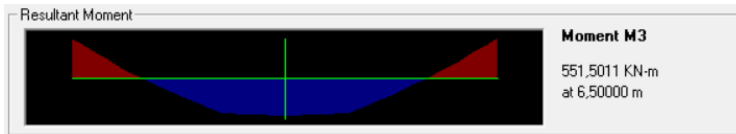
$$= 1024393357 \text{ Nmm}$$

$$= 1024,393357 \text{ kNm}$$

$$25\% \phi M_n = 0,25 \times 0,9 \times 1024,393357$$

$$= 230,48 \text{ kNm}$$

Dengan menggunakan program SAP, diperoleh  $M_u$  akibat gempa maksimal = 551,5 kNm



Gambar 8. 11 Momen Lapangan Akibat Gempa Maksimal

Sehingga Momen yang harus di tanggung tulangan lunak  $M_u - 25\% \phi M_n = 551,5 - 230,48 = 321,01 \text{ kNm}$ . Jadi momen yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan tulangan lunak tambahan adalah 321,01 kNm.

### 8.11.2.2 Perhitungan Penulangan Lentur

Data perencanaan :

- $M_u = 321,01 \text{ kNm} = 321012594,7 \text{ Nmm}$
- $F_c = 40 \text{ MPa}$
- $F_y = 400 \text{ MPa}$
- Dimensi balok :
  - $b = 50 \text{ cm}$
  - $h = 70 \text{ cm}$
- Dimensi kolom
  - $b = 60 \text{ cm}$
  - $h = 60 \text{ cm}$
- Panjang (L)= 13 m

- D lentur = 25 mm
- D sengkang = 13 mm
- Decking = 50 mm
- d = 700 - 50 - 13 - 25/2 = 624,5 mm
- Rn = 
$$\begin{aligned} &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{321012594,7}{0,9 \times 500 \times 624,5^2} \\ &= 1,829 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   

$$= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$
  

$$= 0,0389$$
- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,029$
- $\rho_{\min} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f_c}}{f_y}$   

$$= 0,25 \times \frac{\sqrt{40}}{400}$$
  

$$= 0,00395$$
- m = 
$$\frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$$
- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$   

$$= \frac{1}{11,76} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 1,829}{400}} \right)$$
  

$$= 0,0047$$

$$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$$

➤ Tulangan tumpuan bawah

- As perlu =  $\rho \times b \times d$   

$$= 0,0047 \times 500 \times 624,5$$
  

$$= 1468,48 \text{ mm}^2$$

- $n = \text{As perlu} / \text{As tul}$   
 $= 1468,48 / 490,62$   
 $= 2,9 \approx 3 \text{ buah}$
- Tulangan tumpuan atas
  - $\text{As min} = 0,5 \text{ As perlu}$   
 $= 734,2 \text{ mm}^2$
  - $n = \text{As min} / \text{As tul}$   
 $= 734,2 / 490,62$   
 $= 1,49 \approx 2 \text{ buah}$

➤ Kontrol jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{bw - 2.t - 2\phi_{senggang} - n.\phi_{tulangan\ utama}}{n-1} \\
 &= \frac{500 - 2.50 - 2.13 - 4.25}{4-1} \\
 &= 91,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

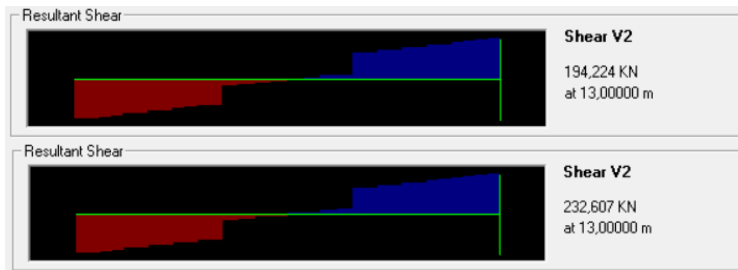
## 8.12 Penulangan Geser

Penulangan geser pada balok prategang berfungsi untuk menanggulangi gaya geser akibat beban luar yang terjadi pada balok. Kemampuan menahan gaya geser ditentukan oleh kekuatan penampang badan dan tulangan geser terpasang. Retak yang terjadi akibat gaya geser adalah retak geser pada badan dekat tumpuan dan retak lentur geser miring dekat tengah bentang. Besarnya gaya yang mengakibatkan retak geser badan dekat tumpuan dan retak lentur geser miring dekat tengah

bentang dalam SNI 2847-2013 ps 11.3.3.1 dan 11.3.3.2 dengan syarat batas spasi sesuai pasal 11.4.5.

### 8.12.1 Perhitungan Gaya Geser

Gaya dalam didapat dari hasil perhitungan program SAP 2000 yaitu sebagai berikut :



Gambar 8. 12 Gaya Geser Balok Prategang

$$V_{ud}' = 194224 \text{ N}$$

$$V_{ui}' = 232607 \text{ N}$$

$$M_d \text{ tumpuan} = 388287600 \text{ Nmm}$$

$$M_d \text{ lapangan} = 361389700 \text{ Nmm}$$

$$M_{\max} \text{ tumpuan} = 470341400 \text{ Nmm}$$

$$M_{\max} \text{ lapangan} = 434994900 \text{ Nmm}$$

Kuat Geser yang Disumbangkan Beton

1. Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat kombinasi momen dan geser

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{f_c}}{20} b_w \times d + V_d + \frac{V_i \times M_{cre}}{M_{max}}, \text{ dengan}$$

$$M_{cre} = \left( \frac{I}{Yt} \right) \left( \frac{\sqrt{f_c}}{2} + f_{pe} - f_d \right)$$

2. Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat tegangan tarik utama yang berlebihan pada badan penampang

$$V_{cw} = 0,3(f_{pc} + \sqrt{f_c} \times b_w \times d + V_p)$$

Dimana :

$V_p$  = Komponen vertikal gaya prategang efektif pada penampang

$d$  =  $h - d'$  = 624,5 mm

$f_{pc}$  =  $F_o / A_c$  = 2,19 N/mm<sup>2</sup>

$$p' = \frac{8 \times F \times f}{L^2} = \frac{8 \times 1114761,247 \times 340}{1300^2} = 17,94 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{p'} = \frac{L}{2} \times p' = 116621,19 \text{ N}$$

### Daerah Tumpuan

Jarak x diambil sebesar 0,5 h kolom = 350 mm

- Perhitungan  $V_{ci}$

$$V_d = \frac{0,5L - xt}{0,5L} V_{d'} = \frac{6500 - 350}{6500} 194224 = 185259,8 \text{ N}$$

$$V_{ui} = \frac{0,5L - xt}{0,5L} V_{d'} = \frac{6500 - 350}{6500} 232607 = 221871,3 \text{ N}$$

$$f_{pe} = \frac{F_{eff}}{A_c} + \frac{F_{eff} \times e_t}{W_b} = 3,84 \text{ Mpa}$$

$$f_d = \frac{M_d}{W_b} = 5,72 \text{ Mpa}$$

$$M_{cre} = \left( \frac{29645094824}{263,4} \right) \left( \frac{\sqrt{40}}{2} + 3,8 - 5,7 \right) = 144623342 \text{ Nmm}$$

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{f_c}}{20} 500 \times 624,5 + 185259 + \frac{221871,3 \times 1446233242}{470341400} = 352224,23 \text{ N}$$

- Perhitungan  $V_{cw}$

$$V_p = \frac{0,5L - xt}{0,5L} V_{p'} = \frac{6500 - 350}{6500} 11621,19 = 111238,7 \text{ N}$$

$$V_{cw} = 0,3(2,19 + \sqrt{40}) \times 500 \times 624,5 + 111238,7 = 909739,6 \text{ N}$$

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.3.3 tulangan geser yang disumbangkan oleh beton diambil nilai terkecil antara  $V_{ci}$  dengan  $V_{cw}$ . Karena nilai  $V_{cw} > V_{ci}$  maka diambil  $V_{ci}$  sebagai kuat geser yang disumbangkan beton untuk daerah tumpuan.

### Daerah Lapangan

Diperhitungkan pada muka kolom di luar daerah sendi plastis dengan jarak sebesar:

$$x = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$$

- Perhitungan  $V_{ci}$

$$V_d = \frac{0,5L - xt}{0,5L} V_{d'} = \frac{6500 - 1400}{6500} 194224 = 152391,1 \text{ N}$$

$$V_{ui} = \frac{0,5L - xt}{0,5L} V_{d'} = \frac{6500 - 1400}{6500} 232607 = 182507 \text{ N}$$

$$f_{pe} = \frac{F_{eff}}{A_c} + \frac{F_{eff} \times et}{W_b} = 7,78 \text{ Mpa}$$

$$f_d = \frac{M_d}{W_b} = 5,32 \text{ Mpa}$$

$$M_{cre} = \left( \frac{29645094824}{263,4} \right) \left( \frac{\sqrt{40}}{2} + 7,8 - 5,3 \right) = 632763555 \text{ Nmm}$$

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{f_c}}{20} 500 \times 624,5 + 152391 + \frac{182507 \times 632763555}{434994900} = 516616 \text{ N}$$

- Perhitungan  $V_{cw}$

$$V_p = \frac{0,5L - xt}{0,5L} V_p' = \frac{6500 - 1400}{6500} 11621,19 = 91502,78 \text{ N}$$

$$V_{cw} = 0,3(2,19 + \sqrt{40}) \times 500 \times 624,5 + 91502,78 = 890003,8 \text{ N N}$$

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.3.3 tulangan geser yang disumbangkan oleh beton diambil nilai terkecil antara  $V_{ci}$  dengan  $V_{cw}$ . Karena nilai  $V_{cw} > V_{ci}$  maka diambil  $V_{ci}$  sebagai kuat geser yang disumbangkan beton untuk daerah tumpuan.

### 8.12.2 Perhitungan Penulangan Geser

$$V_g = V_d' + V_i' = 194224 \text{ N} + 232607 \text{ N} = 426831 \text{ N}$$

$$V_u = V_g + V_p = 426831 \text{ N} + 116621,19 \text{ N} = 543452,19 \text{ N}$$

#### Daerah Tumpuan

Jarak  $x$  sebesar 350 mm

$$V_u = \frac{0,5L - x}{0,5L} V_u = \frac{6500 - 350}{6500} 543452,19 = 514189,4 \text{ N}$$

$$V_{ci} = 352224,23 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_{ci} = \frac{514189,4}{0,75} - 352224,23 = 333361,6 \text{ N}$$

Jarak spasi tulangan :

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs} = \frac{265,3 \times 400 \times 624,5}{333361,6} = 198,8 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2, hoops pertama dipasang pada jarak 50mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara:

- $d/4 = 156,1 \text{ mm}$
- $6D = 150 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm}$

Maka gunakan spasi 150 mm

Jadi tulangan geser yang digunakan yaitu 2D13-150 mm

### Daerah Lapangan

Jarak x sebesar 1400 mm

$$Vu = \frac{0,5L - x}{0,5L} Vu = \frac{6500 - 1400}{6500} 543452,2 = 426400,9 \text{ N}$$

$$Vci = 516616,36 \text{ N}$$

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vci = \frac{426400,9}{0,75} - 516616,36 = 51918,2 \text{ N}$$

Jarak spasi tulangan :

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs} = \frac{265,3 \times 400 \times 624,5}{51918,2} = 263 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser disepanjang balok SRPMK adalah  $d/2$ .

$$Smaks < d/2 = 312,25 \text{ mm}$$



Gunakan spasi 300 mm

$$V_s = \frac{As \times f_y \times d}{s} = \frac{265,3 \times 400 \times 624,5}{300}$$

$$= 220931 \text{ N} > 51918,23 \text{ N (OK)}$$

Jadi tulangan geser yang digunakan yaitu 2D13-300 mm

### 8.13 Posisi Tendon

Bentuk lintasan tendon adalah parabola dan untuk mengetahui posisi tendon digunakan persamaan garis lengkung, perhitungan ditinjau setengah bentang :

$$Y_i = \frac{4 \times f \times X_i \times (L - X_i)}{L^2}$$

Dimana :

$Y_i$  = Ordinat tendon yang ditinjau

$X_i$  = Absis tendon yang ditinjau

$L$  = Panjang bentang = 13000 mm

$f$  = Tinggi puncak parabola maksimum = 340 mm

Sehingga apabila posisi tendon dihitung jarak dari tepi serat bawah balok :

Posisi tendon = Y bot –  $Y_i$



Gambar 8. 13 Posisi Tendon

Letak posisi tendon ditabelkan dalam tabel berikut

Tabel 8. 2 Koordinat Posisi Tendon

Xi (mm)	Yi (mm)	Letak tendon dari tepi bawah (mm)
0	0	436,63
2000	177,04	259,58
4000	289,7	146,92
6000	337,98	98,64
8000	321,89	114,74
10000	241,42	195,21
13000	0	436,63

#### 8.14 Kontrol Akibat Stressing

Kontrol dilakukan terhadap struktur beton di sekitar balok prategang karena terpengaruh oleh efek stressing dari balok prategang. Jacking pada balok prategang dapat menyebabkan struktur disekitarnya terangkat dan pecah atau retak. Kontrol dilakukan dengan membandingkan  $\mu$  dari tulangan dengan  $\mu$  akibat stressing. Stressing dilakukan secara bertahap yaitu dengan tahapan kekuatan stressing 25%, 50%, 75% dan 100%.

##### 1 Kontrol Balok Induk

Diketahui:

$$F_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$d_{\text{use}} = 526 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal plat} = 140 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ tump} = 1899 \text{ mm}^2 \text{ dengan tulangan 5D22.}$$

As lap = 1139 mm<sup>2</sup> dengan tulangan 3D22.

$$a = \frac{As Fy}{0,85 FC b} = \frac{1889 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 63,52 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= As \cdot Fy \cdot (d - a/2) \\ &= 1889 \times 400 \times (526 - 63,52/2) \\ &= 3735999334,7 \text{ Nmm} \\ &= 373,59 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Mu = 0,9Mn = 336,23 \text{ kNm}$$

Kontrol Mu dari As dengan Mu akibat stressing

1. Stressing 25 % : 375000 N  
Mu stressing = 91,7 kNm < 336,23 kNm (OK)
2. Stressing 50 % : 750000 N  
Mu stressing = 183,4 kNm < 336,23 kNm (OK)
3. Stressing 75 % : 1125000 N  
Mu stressing = 275,12 kNm < 336,23 kNm (OK)
4. Stressing 100 % : 1500000 N  
Mu stressing = 306 kNm < 336,23 kNm (OK)

Jadi karena Mu balok induk lebih besar dari Mu akibat stressing maka balok induk aman terhadap efek dari stressing.

## 2. Kontrol Pelat

Diketahui:

$$Fc = 35 \text{ Mpa}$$

$$Fy = 400 \text{ Mpa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d \text{ use} = 93,5 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal plat} = 140 \text{ mm}$$

As tul = 663,3 mm<sup>2</sup> dengan tulangan D10-150mm.

$$a = \frac{As Fy}{0,85 FC b} = \frac{663,3 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} = 8,92 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= As \cdot Fy \cdot (d - a/2) \\ &= 663,3 \times 400 \times (93,5 - 8,92/2) \\ &= 23,62 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\mu = 0,9M_n = 21,26 \text{ kNm}$$

Kontrol  $\mu$  dari As dengan  $\mu$  akibat stressing

1. Stressing 25 % : 375000 N  
 $\mu_{\text{stressing}} = 0,8 \text{ kNm} < 21,26 \text{ kNm (OK)}$
2. Stressing 50 % : 750000 N  
 $\mu_{\text{stressing}} = 0,9 \text{ kNm} < 21,26 \text{ kNm (OK)}$
3. Stressing 75 % : 1125000 N  
 $\mu_{\text{stressing}} = 275,12 \text{ kNm} < 21,26 \text{ kNm (OK)}$
4. Stressing 100 % : 1500000 N  
 $\mu_{\text{stressing}} = 2,5 \text{ kNm} < 21,26 \text{ kNm (OK)}$

Jadi karena  $\mu$  pelat lebih besar dari  $\mu$  akibat stressing maka pelat aman terhadap efek dari stressing.

### 3. Kontrol Balok Induk

Diketahui:

$$F_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$d_{\text{use}} = 280,5 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal plat} = 140 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ tump} = 566,7 \text{ mm}^2 \text{ dengan tulangan 2D19.}$$

$$A_s \text{ lap} = 566,7 \text{ mm}^2 \text{ dengan tulangan 2D19.}$$

$$a = \frac{A_s F_y}{0,85 F_c b} = \frac{566,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 250} = 30,48 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - a/2)$$

$$= 566,7 \times 400 \times (280,5 - 30,48/2)$$

$$= 60136365,9 \text{ Nmm}$$

$$= 60,13 \text{ kNm}$$

$$\mu = 0,9M_n = 54,12 \text{ kNm}$$

Kontrol  $\mu$  dari As dengan  $\mu$  akibat stressing

1. Stressing 25 % : 375000 N  
 $\mu_{\text{stressing}} = 2,4 \text{ kNm} < 54,12 \text{ kNm (OK)}$

2. Stressing 50 % : 750000 N  
Mu stressing = 4,8 kNm < 54,12 kNm (OK)
3. Stressing 75 % : 1125000 N  
Mu stressing = 7,3 kNm < 54,12 kNm (OK)
4. Stressing 100 % : 1500000 N  
Mu stressing = 10,34 kNm < 54,12 kNm (OK)

Jadi karena Mu balok anak lebih besar dari Mu akibat stressing maka balok anak aman terhadap efek dari stressing.

## 8.15 Kontrol Lendutan

Kemampuan layan struktur beton prategang ditinjau dari perilaku defleksi komponen tersebut. Elemen beton bertulang memiliki dimensi yang lebih langsing dibanding beton bertulang biasa sehingga kontrol lendutan sangat diperlukan untuk memenuhi batas layan yang diisyaratkan.

### 8.15.1 Lendutan Ijin

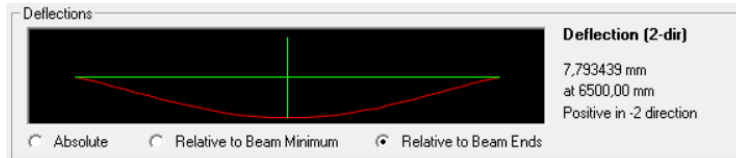
Lendutan ijin pada komponen beton prategang harus memenuhi syarat Tabel 3 SNI 2847-2013 pasal 9.5.4 yaitu lendutan untuk konstruksi yang menahan atau yang disatukan oleh komponen non struktural sebesar:

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{480} = \frac{13000}{480} = 27,083 \text{ mm}$$

### 8.15.2 Lendutan Saat Beban Bekerja

Saat beban bekerja sepenuhnya bekerja gaya prategang yang terjadi berupa gaya prategang efektif setelah terjadi berbagai tahap dan macam kehilangan. Besarnya lendutan

akibat beban yang telah bekerja seluruhnya dapat dihitung dengan menggunakan program bantu SAP2000.



Gambar 8. 14 Lentutan Balok Prategang

Lentutan yang terjadi yaitu 7,79 mm

### 8.15.3 Kontrol

Total lentutan pada saat beban telah bekerja dengan gaya prategang efektif (dengan mengasumsikan tanda (-) adalah lentutan ke atas karena berlawanan arah dengan arah terjadinya lentutan).

$$\text{Lentutan total} < \text{Lentutan ijin}$$

$$7,79 \text{ mm} < 27,08 \text{ mm (OK)}$$

### 8.16 Kontrol Momen Nominal

Kontrol momen nominal dilakukan untuk mengecek secara keseluruhan apakah tendon baja prategang yang telah dipasang dengan tulangan lunak baja telah memenuhi kontrol momen. Kontrol penampang dilakukan agar mengetahui kekuatan batas penampang rencana apakah telah mampu menahan momen ultimate yang terjadi, baik dari beban hidup dan mati maupun setelah menerima gempa.

#### 8.16.1 Momen Nominal Oleh Tendon Prategang

a. Tumpuan

$$A_{ps} = 1152,07 \text{ mm}^2$$

$$d = h - d' = 700 - 100 = 600 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,764$$

$$Y_p = 0,55$$

$$F_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

$$F_{ps} = f_{pu} \left\{ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \right\}$$

Untuk sembarang tulangan tekan yang dihitung, maka :

$\left[ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right]$  dapat diambil tidak kurang dari 0,17.

$$F_{ps} = 1860 \left\{ 1 - \frac{0,55}{0,746} [0,17] \right\}$$

$$= 1632,45 \text{ MPa}$$

$$T = A_{ps} \times f_{ps}$$

$$= 1152,07 \times 1632,45$$

$$= 1880707,61 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$= \frac{1880707,61}{0,85 \times 40 \times 500}$$

$$= 110,63 \text{ mm}$$

$$M_n = T(d - a/2) = 1880707,61 \times (600 - 110,63/2)$$

$$= 1024393357 \text{ Nmm}$$

$$= 1024,393357 \text{ kNm}$$

b. Lapangan

$$A_{ps} = 1152,07 \text{ mm}^2$$

$$d = h - d' = 700 - 100 = 600 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,764$$

$$Y_p = 0,55$$

$$F_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

$$F_{ps} = f_{pu} \left\{ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \right\}$$

Untuk sembarang tulangan tekan yang dihitung, maka :

$\left[ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right]$  dapat diambil tidak kurang dari 0,17.

$$\begin{aligned}
 Fps &= 1860 \left\{ 1 - \frac{0,55}{0,746} [0,17] \right\} \\
 &= 1632,45 \text{ MPa} \\
 T &= Aps \times fps \\
 &= 1152,07 \times 1632,45 \\
 &= 1880707,6 \text{ N} \\
 a &= \frac{T}{0,85 \times fc \times b} \\
 &= \frac{1880707,6}{0,85 \times 40 \times 500} \\
 &= 110,63 \text{ mm} \\
 Mn &= T(d - a/2) = 1880707,6 \times (600 - 110,63/2) \\
 &= 1024393357 \text{ Nmm} \\
 &= 1024,393357 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

### 8.16.2 Momen Nominal Oleh Tulangan Lunak

a. Tumpuan

Tulangan Atas 4D25 (  $As = 1962,5 \text{ mm}^2$  )

Tulangan Bawah 2D25 (  $As' = 981,25 \text{ mm}^2$  )

$$d = 624,5 \text{ mm}$$

$$d' = 75,7 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{1962,5 \times 400 - 981,25 \times 400}{0,85 \times 40 \times 500} = 23,08 \text{ mm}$$

$$Mn = 0,85 \times fc \times a \times b \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + As' \times fy \times (d - d')$$

$$= 456067684 \text{ Nmm}$$

$$= 456,067 \text{ kNm}$$

b. Lapangan



Tulangan Bawah 3D25 (  $A_s = 1962,5 \text{ mm}^2$  )

Tulangan Atas 2D25 (  $A_s' = 981,25 \text{ mm}^2$  )

$$d = 624,5 \text{ mm}$$

$$d' = 75,7 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1962,5 \times 400 - 981,25 \times 400}{0,85 \times 40 \times 500} = 23,08 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 \times f_c \times a \times b \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times f_y \times (d - d') \\ &= 456067684 \text{ Nmm} \\ &= 456,067 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### 8.16.3 Momen Nominal Total

a. Tumpuan

$$\begin{aligned} M_n \text{ Total} &= M_n \text{ tump (tendon)} + M_n \text{ tump (lentur)} \\ &= 1150,60921 \text{ kNm} + 456,067 \text{ kNm} \\ &= 1606,67 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq \mu \text{ max tumpuan}$$

$$1446,009 \text{ kNm} \geq 470,341 \text{ kNm (OK)}$$

Kontrol terhadap gempa

$$M_n \text{ total} = 25\% \times 1150,6 + 456,06 = 743,71 \text{ kNm}$$

$$\mu \text{ gempa} = 597,87 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \geq \mu \text{ gempa}$$

$$669,34 \text{ kNm} \geq 597,87 \text{ kNm (OK)}$$

## b. Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ Total} &= M_n \text{ lap (tendon)} + M_n \text{ lap (lentur)} \\
 &= 1150,60921 \text{ kNm} + 456,067 \text{ kNm} \\
 &= 1606,67 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u \text{ max lapangan}$$

$$1446,009 \text{ kNm} \geq 434,994 \text{ kNm (OK)}$$

Maka dengan kontrol momen nominal saat ada penambahan baja lunak telah memenuhi, sehingga hasil perhitungan beton prategang secara keseluruhan telah memenuhi persyaratan.

**8.17 Kontrol Momen Retak**

Perhitungan kuat ultimate dari beton prategang harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 18.8.2 mengenai jumlah total baja tulangan non prategang dan prategang harus cukup untuk menghasilkan beban terfaktor paling sedikit 1.2 beban retak yang terjadi berdasarkan nilai modulus retak sebesar  $0,62 \lambda \sqrt{f'_c}$  sehingga didapatkan  $\phi M_u > 1.2 M_{cr}$ , dengan nilai  $\phi = 0.8$

Nilai momen retak dapat dihitung sebagai berikut (dengan asumsi tanda (+) adalah serat yang mengalami tarik) :

## a. Tumpuan

$$F = 1114,76 \text{ kN}$$

$$K_b = 133,96 \text{ mm}$$

$$e = 100 \text{ mm}$$

$$W_t = 112560566 \text{ mm}^3$$

$$f_r = 0,62\sqrt{f_c} = 0,62\sqrt{40} = 3,92 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= F ( e + K_b ) \\ &= 1114,76 ( 100 + 133,96 ) \\ &= 260819,1056 \text{ kNmm} \\ &= 260819105,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= f_r \times W_t \\ &= 3,92 \times 112560566 \\ &= 441375225 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= M_1 + M_2 \\ &= 260819105,6 \text{ Nmm} + 441375225 \text{ Nmm} \\ &= 702194330,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan persyaratan kontrol momen retak dapat dihitung sebagai berikut :

$$\phi M_u > 1.2M_{cr}$$

$$1446,009 \text{ kNm} > 842,663 \text{ kNm (OK)}$$

b. Lapangan

$$F = 1114,76 \text{ kN}$$

$$K_t = 222,1 \text{ mm}$$

$$e = 340 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 W_b &= 67895257 \text{ mm}^3 \\
 f_r &= 0,62\sqrt{f_c} = 0,62\sqrt{40} = 3,92 \text{ MPa} \\
 M_1 &= F (e + Kt) \\
 &= 1114,76 (340 + 222,1) \\
 &= 626608,0262 \text{ kNmm} \\
 &= 626608026,2 \text{ Nmm} \\
 M_2 &= f_r \times W_b \\
 &= 3,92 \times 67895257 \\
 &= 266232532 \text{ Nmm} \\
 M_{cr} &= M_1 + M_2 \\
 &= 626608026,2 \text{ Nmm} + 266232532 \text{ Nmm} \\
 &= 892840557,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan persyaratan kontrol momen retak dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \phi M_u &> 1.2M_{cr} \\
 1446,009 \text{ kNm} &> 1071,4 \text{ kNm (OK)}
 \end{aligned}$$

### 8.18 Pengangkuran Ujung

Balok prategang pasca tarik, kegagalan bisa disebabkan oleh hancurnya bantalan beton pada daerah tepat dibelakang angkur tendon akibat tekanan yang sangat besar. Kegagalan ini diperhitungkan pada kondisi ekstrim saat transfer, yaitu saat gaya prategang maksimum dan kekuatan beton minimum. Kuat tekan nominal beton pada daerah

pengankuran global di isyaratkan oleh SNI 2847:2013 pasal 18.13.4.2. Bila diperlukan, pada daerah pengankuran dapat dipasang tulangan untuk memikul gaya pencah, pengelupasan dan gaya tarik tepi longitudinal yang timbul akibat pengankuran tendon sesuai pasal 18.13.3.2.

Dalam studi ini digunakan angkur hidup. Hal ini dikarenakan metode pemberian gaya prategang dengan sistem pasca tarik. Penulangan pengekangan di seluruh pengankuran harus sedemikian rupa hingga mencegah pembelahan dan bursting yang merupakan hasil dari gaya tekan terpusat besar yang disalurkan melalui alat angkur. Metode perhitungan perencanaan daerah pengankuran global sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 18.13.3.2 mensyaratkan untuk mengalihkan gaya tendon dengan faktor beban sebesar 1,2.

Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh gaya prategang awal sebagai berikut :

$$F_o = 1500000 \text{ N}$$

$$P_u = 1,2 \times F_o = 1800000 \text{ N}$$

$$T_{PENCAH} = 0,25 \Sigma P_u \left(1 - \frac{a}{h}\right)$$

$$d_{PENCAH} = 0,5(h - 2e)$$

Dimana :

$\Sigma P_u$  = Jumlah gaya tendon terfaktor total untuk pengaturan penarikan tendon yang ditinjau

$a$  = Tinggi angkur atau kelompok angkur yang berdekatan pada arah yang ditinjau

e = Eksentrisitas angkur atau kelompok angkur yang berdekatan terhadap sumbu berat penampang ( selalu diambil sebagai nilai positif)

h = Tinggi penampang pada arah yang ditinjau

Diperoleh nilai sebagai berikut :

a = 265 mm

e = 100 mm

h = 700 mm

Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

$$T_{PENCAR} = 0,25 \times 1800000 \left( 1 - \frac{265}{700} \right) = 279642,857 \text{ N}$$

$$d_{PENCAR} = 0,5(700 - 2 \times 100) = 250 \text{ mm}$$

$$A_{vp} = T_{pencar} / f_y = 699,12 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2D13 ( $A_v = 265,33 \text{ mm}^2$ ), maka kebutuhan tulangan sengkang ialah sebanyak :

$$n = \frac{A_{vp}}{A_v} = \frac{699,12}{265,33} = 2,63 = 3 \text{ buah}$$

Spasi antar sengkang dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$S = d_{pencar} / n = 250 \text{ mm} / 3 = 83,8 \text{ mm, ambil } 50 \text{ mm}$$

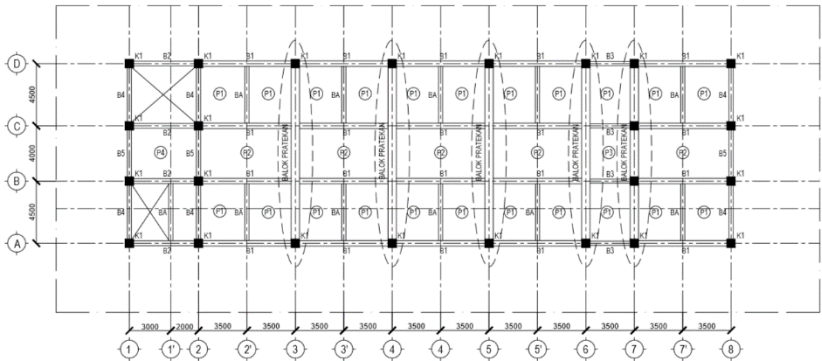
Sehingga dipasang 2D13, dengan spasi 50 mm

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

## BAB IX METODE PELAKSANAAN BETON PRATEGANG

### 9.1 Umum

Metode pelaksanaan balok prategang pada Gedung ini direncanakan menggunakan metode post tensioned yang mana dilakukan pemasangan tendon terlebih dahulu dan stressing dilakukan setelah beton mengeras pada umur beton tertentu.



Gambar 9. 1 Letak Balok Prategang

Penjelasan mengenai metoda pelaksanaan pekerjaan balok prategang untuk proyek Bangunan yang meliputi

1. Pengadaan material dan alat stressing
2. Instalasi
3. Pengecoran
4. Stressing
5. Grouting (exclude cement)
6. Pembuatan shop drawing pekerjaan prestressing



## 9.2 Pengadaan Material dan Peralatan Stressing

### 9.2.1 Strand 0,5"

- Tipe ASTM A 416-06 Grade 270
- Jumlah strand 12 buah
- Kelas B : kekuatan tarik batas minimum 1837,5 kN
- Relaksasi rendah
- Nominal diameter 12.7 mm
- Nominal steel area 98.70 mm<sup>2</sup>
- Minimum ultimate tension strength 1860 MPa
- Minimum yield tension strength 1675 MPa

Tabel 9. 1 Spesifikasi Strand

Strand type		prEN 10138 – 3 (2006) Y186DS7		ASTM A 416-06 Grade 270
Nominal diameter	d (mm)	15.3	15.7	15.24
Nominal cross section	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	140	150	140
Nominal mass	M (kg/m)	1.093	1.172	1.102
Nominal yield strength	f <sub>y0,1k</sub> (MPa)	1636 <sup>a</sup>	1640 <sup>a</sup>	1676 <sup>a</sup>
Nominal tensile strength	f <sub>yk</sub> (MPa)	1860	1860	1860
Specif./min. breaking load	F <sub>yk</sub> (kN)	260	279	260.7
Young's modulus	(GPa)	approx. 195		
Relaxation <sup>a</sup> after 1000 h at 20°C and 0.7 x f <sub>yk</sub>	(%)	max. 2.5		

### 9.2.2 Duct

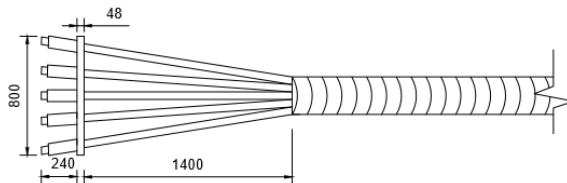
Material ini berfungsi sebagai pembungkus strand. Bahan dasarnya adalah "galvanized zinc" yang dibentuk berupa pipa berulir :



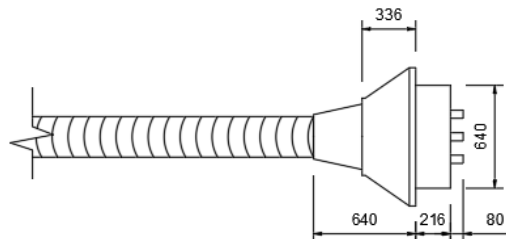
Gambar 9. 2 Duct / Selongsong

### 9.2.3 Angkur

Konfigurasi angkur yang digunakan dalam beton prategang ini adalah angkur mati VSL tipe P 5-12 dan angkur hidup VSL tipe Sc 5-12.



Gambar 9. 3 Dead End Anchorage VSL P 5-12



Gambar 9. 4 Live End Anchorage VSL Sc 5-12

## 9.3 Pekerjaan Instalasi

### 9.3.1 Instalasi Formwork

1. Memasang perancah pada posisi balok
2. Memasang balok gelagar sesuai modul perancah
3. Memasang balok suri-suri diatas gelagar
4. Memasang perancah plat yang diawali dengan pemasangan perancah. Sejarak 150 cm

5. Memasang balok gelagar untuk pelat kemudian memasang hollow balok untuk landasan plat, tegak lurus gelagar sejarak 40-50 cm
6. Memasang perancah untuk support (3 titik) setiap luasan kolom

### **9.3.2 Instalasi Pembesian**

1. Fabrikasi Penulangan
  - Pemotongan dan pembengkokan tulangan dilakukan dibawah menggunakan bar bending
  - Pemotongan dan pemotongan tulangan sesuai dengan Bar Bending Schedule yang sudah direncanakan
  - Untuk mengangkat tulangan yang telah siap pasang pada balok prategang di lantai atap, digunakan Tower Crane.
2. Pemasangan Penulangan
  - Diameter besi, jumlah besi, dan jarak pembesian pada area yang mau di-cor diperiksa dan diidentifikasi. Hal ini dilakukan agar sebelum dicor tidak terjadi kesalahan pada pembesian sehingga harus merombak pembesian lagi sehingga akan menghambat dan menunda pengecoran. Jika terjadi penundaan maka akan mengakibatkan kemunduran schedule.
  - periksa selimut beton/beton decking, ukur jarak bersih besi terhadap bekisting dengan meteran.
  - periksa pengikatan besi (bendrat) tidak bergeser jika diketok, direkomendasikan agar pemotongan bendrat dilakukan di fabrikasi.
  - Besi harus bebas dari karat, beton kering, oli/gemuk dan material lain yang dapat mengurangi lekatan (bonding) antara besi dengan beton.

- periksa sambungan besi pada balok harus sesuai dengan yang sudah direncanakan
- periksa jarak/ruang antar beton yang cukup untuk dilewati oleh agregat beton dan vibrator.
- periksa pembengkokan besi (bending slope) diukur dengan meteran

### **9.3.3 Instalasi Duct dan Strand**

#### **1. Fabrikasi Duct dan Strand**

- Strand didatangkan dalam bentuk gulungan. Penempatan strand pada ruang yang terlindung terhadap cuaca atau di beri penutup plastik serta diletakkan di atas balok penumpu.
- Duct didatangkan dalam bentuk batangan dengan panjang 4.00 m. Duct disimpan pada tempat yang terlindung. Sedangkan untuk angkur disimpan dalam ruang yang terlindung dari cuaca, memiliki sirkulasi udara yang baik, dan diletakkan di atas beberapa tumpuan balok kayu.
- Strand dipotong sesuai dengan panjang lay out kabel ditambah + 1.00 m untuk stressing length pada angkur hidup. Panjang stressing length ini disesuaikan dengan hydraulic jack yang dipakai untuk pekerjaan stressing.
- Fabrikasi tendon dilakukan di halaman dasar proyek, setelah selesai lalu diangkat ke lantai atap menggunakan tower crane.

#### **2. Fabrikasi Duct dan Strand**

- Menentukan ordinat tendon prestress sesuai gambar kerja. Ordinat diukur dari dasar bekisting balok ke as tendon atau bagian bawah tendon. Titik ordinat tersebut ditandai (marking) dengan menggunakan cat atau spidol.



Gambar 9. 5 Penentuan Ordinatat Tendon

- Memasang support bar dengan cara mengikat support bar ke tulangan geser/senggang berdasarkan posisi yang telah di marking.
- Memasang bursting steel pada posisi angkur hidup dan angkur mati
- Menyambung duct sesuai dengan tipe dan panjang tendon yang direncanakan dengan menggunakan coupler duct dan plastic tape.



Gambar 9. 6 Penyambungan Duct

- Memasukkan duct kedalam tulangan balok, kemudian duct diikat ke suport bar dengan menggunakan kawat ikat.
- Memasang casting pada posisi angkur hidup.



Gambar 9. 7 Pemasangan Angkur Hidup Sc

- Menyambung duct ke casting dengan menggunakan cloth tape. Cloth tape berfungsi untuk mencegah masuknya air semen ke dalam duct
- Memasukkan strand kedalam duct dengan cara menusuk strand satu persatu dari arah angkur mati kearah angkur hidup hingga tercapai jumlah strand sesuai rencana.
- Memasang Grout vent dan PE grout untuk lubang outlet pada tendon.
- Pembuatan stressing pocket (lubang untuk stressing) sesuai ukuran jack yang akan dipakai.
- Inspeksi bersama kontraktor dan konsultan untuk memeriksa ordinat tendon prestress dan kelengkapan aksesorisnya.
- Persetujuan dari kontraktor/konsultan

### 9.3.4 Pengecoran

1. Peralatan harus sudah disiapkan
  - Peralatan survey harus sudah dikalibrasi
  - Relaad siku harus sudah level
  - Penerangan di lokasi cor harus sudah siap
  - Vibrator baik engine atau elektrik harus sudah siap
2. Lahan cor harus disiapkan, bersih dari potongan kaso, multiplex, kawat besi beton, puntung rokok, dll
3. Karena lokasi balok prategang yang akan dicor berada pada lantai atap, maka untuk pengecoran menggunakan tower crane melalui bucket atau dengan menggunakan concrete pump.
4. Setelah kekuatan beton setelah pengecoran sudah memenuhi, maka dapat dilakukan stressing.

### 9.3.5 Stressing

Pekerjaan stressing dilaksanakan setelah mutu beton mencapai mutu seperti yang ditetapkan oleh perencana. Sebelumnya akan dikirimkan proposal perhitungan prestressing (Jacking Force) yang mencakup perhitungan elongation, data pembacaan manometer dan kalibrasi peralatan stressing jack yang digunakan. Pekerjaan stressing ini akan dilakukan bila Kontraktor telah mengeluarkan surat perintah stressing dan setelah proposal stressing (Jacking Force) mendapat persetujuan.

Hal yang perlu diperhatikan adalah lokasi pemasangan balok prategang yang berada pada lantai atap (lantai teratas). Hal ini akan menyulitkan pekerjaan ketika proses *stressing*. Karena ujung balok berada pada tepi gedung sehingga tidak ada pijakan bagi pekerja untuk melakukan *stressing*.

Adapun tahapan pelaksanaan pekerjaan stressing adalah :

1. Pembongkaran end form, hingga posisi casting terbuka dan benar-benar bersih dari sisa –sisa pengecoran.
2. Persiapan peralatan stressing pada titik-titik penarikan dan lampu penerangan jika stressing dilakukan pada malam hari atau pada area yang kurang terang. Siapkan juga platform stressing.
3. Pemasangan anchor head dan wedges sesuai tipe cable.
4. Pasang hydraulic jack, gripper plate serta pasang “T” ukur pada salah satu strand di belakang hydraulic jack.
5. Ijin pelaksanaan stressing dari Main Kontraktor dengan dilampiri hasil pengujian kuat tekan beton. Persyaratan kuat tekan beton minimal pada saat stressing adalah 80% dari beton rencana.
6. Stressing cable sebesar 25% dari final force. Ukur dan catat elongasi yang terjadi.
7. Release pressure ke nol, tarik hydraulic jack sedikit ke belakang, kemudian semprotkan cat ke bundle strand yang ada di depan anchor head.
8. Pasang kembali hydraulic jack ke arah anchor head dan press gripper plate – nya.
9. Lanjutkan stressing cable ke 50% dari final force. Ukur dan catat elongasi yang terjadi. Hitung perbedaan elongasi pada saat 25% dan 50%.
10. Lanjutkan stressing cable ke 75% dari final force. Ukur dan catat elongasi yang terjadi. Hitung perbedaan elongasi pada saat 50% dan 75%.
11. Lanjutkan stressing cable ke 100% dari final force. Ukur dan catat elongasi yang terjadi. Hitung perbedaan elongasi pada saat 75% dan 100%.



12. Release pressure ke nol, kemudian keluarkan hydraulic jack nya. Cek kemungkinan jika ada slip pada strand. Ukur dan catat elongasi yang terjadi.
13. Data yang tercatat dibandingkan dengan perhitungan teoritis dan ada batasan bahwa deviasi terhadap teoritis tidak boleh lebih (+) atau kurang (-) dari 7 %.
14. Jika terjadi deviasi kurang dari (-) 7%, maka langsung diadakan penarikan ulang tanpa melepas/menghilangkan gaya yang sudah ada. Dan jika terjadi deviasi lebih besar dari (+) 7%, maka hasil stressing akan digambarkan pada sebuah grafik untuk melihat penyebab terjadinya penyimpangan tersebut.
15. Hasil pencatatan stressing akan diserahkan kepada pihak konsultan pengawas untuk dievaluasi dan pekerjaan selanjutnya baru dapat dilaksanakan setelah pekerjaan stressing disetujui dan diterima oleh pengawas.
16. Potong stressing length dan pasang temporary grout cap.



Gambar 9. 8 Pematangan Tendon      Gambar 9. 9 Pemasangan Anchor Block dan Wedges

## **BAB X**

### **KESIMPULAN**

#### **10.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil semua analisa yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan didapatkan balok dengan dimensi 50/70 cm dengan bentang 13 m. Dengan jumlah strands 12 diameter tendon 12,7 mm. Memerlukan gaya prategang sebesar 1500 KN. Balok prategang mengalami kehilangan gaya prategang sebesar 17,68 %.

Balok prategang membutuhkan tulangan lunak tambahan yaitu :

- a. Tulangan lentur :
  - Tumpuan : Atas 4D25  
Bawah 2D25
  - Lapangan : Atas 2D25  
Bawah 4D25
- b. Tulangan Geser :
  - Tumpuan : 2D13 – 150 mm
  - Lapangan : 2D13 – 300 mm
2. Kontrol dilakukan terhadap struktur beton di sekitar balok prategang karena terpengaruh oleh efek stressing dari balok prategang. Stressing dilakukan secara bertahap yaitu dengan tahapan kekuatan stressing 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil dari kontrol yang dilakukan yaitu terhadap balok induk, balok anak dan pelat menunjukkan bahwa momen nominal dari tulangan masih mencukupi untuk menahan beban dari momen akibat stressing prategang.

3. Beton prategang dikerjakan dengan metode paska tarik dengan pengecoran secara monolit. Dikarenakan pengecoran pada lantai teratas, maka diperlukan bantuan tower crane atau concrete pump.

## **10.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan dari tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut :

1. Pada perencanaan bangunan harus dipikirkan kemudahan dalam aplikasi di lapangan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar dan sesuai dengan perencanaan
2. Dalam permodelan balok prategang pada SAP, harus dimodelkan setiap gaya prategang yang terjadi yaitu pada tahap transfer dan tahap servis.

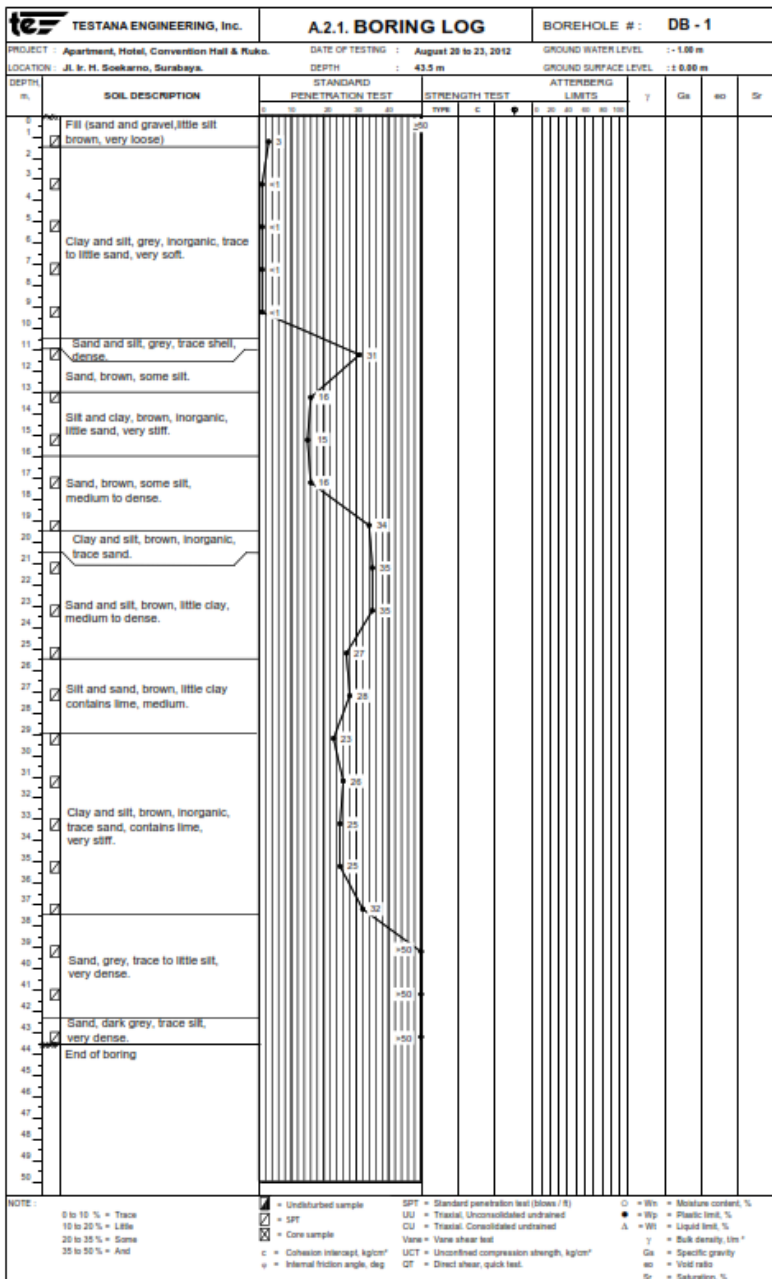
## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847- 2013)”, Jakarta, 2013.
- Badan Standarisasi Nasional, “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726- 2012)”, Jakarta, 2012.
- Badan Standarisasi Nasional, “Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727- 2013)”, Jakarta, 2013.
- Badan Standarisasi Nasional, “Tata cara perancangan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung (SNI 7833-2012)”, Jakarta, 2012.
- Husin, Nur Ahmad, Struktur Beton, Zifatama, Surabaya, 2015
- Imran, Iswandi. “Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang”, Bandung : penerbit ITB, 2014
- Lin. T.Y, dan Ned H. Burns “Desain Struktur Beton Prategang Edisi Ketiga”, Jakarta : Penerbit Erlangga, 1996
- Nawy. Edward G. “Beton Prategang Edisi Ketiga”, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2001

*( Halaman Ini Sengaja Dikosongkan )*

## **LAMPIRAN**

### **Lampiran 1 (Data Tanah)**



**Lampiran 2**  
**(Brosur Tendon)**





## 1 - STRAND

### 1.1 - STRAND PROPERTIES 13mm (0.5")

Strand type	prEN 10138 - 3 (2006) Y1860S7		ASTM A 416-06 Grade 270
	Nominal diameter d (mm)	Nominal cross section A <sub>n</sub> (mm <sup>2</sup> )	Nominal diameter d (mm)
Nominal diameter	d (mm)	12.5	12.9
Nominal cross section	A <sub>n</sub> (mm <sup>2</sup> )	93	100
Nominal mass	M (kg/m)	0.726	0.781
Nominal yield strength	f <sub>yk</sub> (MPa)	1634 <sup>1)</sup>	1640 <sup>2)</sup>
Nominal tensile strength	f <sub>tk</sub> (MPa)	1800	1800
Specif. min. breaking load	F <sub>pk</sub> (kN)	173	186
Young's modulus	(GPa)	approx. 190	
Relaxation <sup>3)</sup> after 1000 h at 20°C and 0.7 x F <sub>pk</sub>	(%)	max. 2.5	

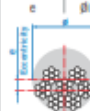
1) Characteristic value measured at 0.2% permanent extension

2) Minimum load at 1% extension for low-relaxation strand

3) Valid for relaxation class acc. to prEN 10138-3 or low-relaxation grade acc. to ASTM A 416-06

### 1.2 - TENDON PROPERTIES 13mm (0.5")

Unit	Strands numbers	Steel area		Breaking load			Corrugated steel duct <sup>1)</sup> (recommended)		Corrugated plastic duct VSL PT-PLUS <sup>2)</sup>		Steel pipes Ø ext x t	
		Ap acc. to prEN		ASTM	Y1860S7 (prEN)		Grade 270 (ASTM)	Ø / t <sub>e</sub>	e	Ø / t <sub>e</sub>		e
		d=12.5 mm A <sub>n</sub> =93 mm <sup>2</sup>	d=12.9 mm A <sub>n</sub> =100 mm <sup>2</sup>	d=12.7 mm A <sub>n</sub> =100 mm <sup>2</sup>	d=12.5 mm A <sub>n</sub> =93 mm <sup>2</sup>	d=12.9 mm A <sub>n</sub> =100 mm <sup>2</sup>	d=12.7 mm A <sub>n</sub> =98.7 mm <sup>2</sup>	Ø / t <sub>e</sub>	e	Ø / t <sub>e</sub>		e
		[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
5-1	1	93	100	98.7	173	188	183.7	20/25	3	22/25	6	25.0 x 2.8
5-2	2	186	200	197	346	372	367	39/48	6	40/25	12	31.8 x 2.02/3.0
5-3	3	279	300	296	519	558	551	59/66	9	60/25	18	33.7 x 2.02/3.0
5-4	4	372	400	393	692	744	735	80/87	12	80/25	24	42.4 x 2.02/3.0
5-7	5	465	500	494	865	920	913	99/99	15	100/25	30	50.3 x 2.02/3.0
	6	558	600	582	1038	1116	1102	120/99	18	120/25	36	58.9 x 2.02/3.0
5-7	7	651	700	691	1211	1302	1286	139/57	21	140/25	42	60.3 x 2.02/3.0
5-12	8	744	800	790	1384	1488	1470	150/62	24	160/25	48	70.9 x 2.02/3.0
	9	837	900	886	1557	1674	1653	175/62	27	180/25	54	77.8 x 2.02/3.0
	10	930	1000	987	1730	1860	1837	195/67	30	200/25	60	84.7 x 2.02/3.0
	11	1023	1100	1086	1903	2040	2021	215/67	33	220/25	66	91.6 x 2.02/3.0
5-12	12	1116	1200	1184	2076	2232	2204	235/67	36	240/25	72	98.5 x 2.02/3.0
5-15	13	1209	1300	1283	2249	2418	2388	255/72	39	260/25	78	105.4 x 2.02/3.0
	14	1302	1400	1382	2422	2604	2572	275/72	42	280/25	84	112.3 x 2.02/3.0
5-15	15	1395	1500	1481	2595	2790	2756	297/77	45	300/25	90	119.2 x 2.02/3.0
5-18	16	1488	1600	1575	2768	2976	2939	317/77	48	320/25	96	126.1 x 2.02/3.0
	17	1581	1700	1678	2941	3162	3123	339/82	51	340/25	102	133.0 x 2.02/3.0
	18	1674	1800	1777	3114	3348	3307	361/82	54	360/25	108	139.9 x 2.02/3.0
5-19	19	1767	1900	1875	3287	3534	3490	383/82	57	380/25	114	146.8 x 2.02/3.0
5-22	20	1860	2000	1974	3460	3720	3674	405/87	60	400/25	120	153.7 x 2.02/3.0
	21	1953	2100	2073	3633	3906	3858	427/87	63	420/25	126	160.6 x 2.02/3.0
5-22	22	2046	2200	2171	3806	4082	4034	449/87	66	440/25	132	167.5 x 2.02/3.0
5-27	23	2139	2300	2270	3979	4278	4225	471/92	69	460/25	138	174.4 x 2.02/3.0
	24	2232	2400	2369	4152	4464	4409	493/92	72	480/25	144	181.3 x 2.02/3.0
	25	2325	2500	2468	4325	4650	4593	515/97	75	500/25	150	188.2 x 2.02/3.0
	26	2418	2600	2566	4498	4836	4776	537/97	78	520/25	156	195.1 x 2.02/3.0
5-27	27	2511	2700	2665	4671	5022	4960	559/102	81	540/25	162	202.0 x 2.04/3.0
5-31	28	2604	2800	2764	4844	5208	5144	581/102	84	560/25	168	208.9 x 2.04/3.0
	29	2697	2900	2862	5017	5394	5327	603/102	87	580/25	174	215.8 x 2.04/3.0
	30	2790	3000	2951	5190	5580	5511	625/102	90	600/25	180	222.7 x 2.04/3.0
5-31	31	2883	3100	3060	5363	5766	5695	647/107	93	620/25	186	229.6 x 2.04/3.0
5-37	32	2976	3200	3158	5536	5952	5878	669/112	96	640/25	192	236.5 x 2.04/3.0
	33	3069	3300	3257	5709	6138	6062	691/112	99	660/25	198	243.4 x 2.04/3.0
	34	3162	3400	3356	5882	6324	6246	713/117	102	680/25	204	250.3 x 2.04/3.0
	35	3255	3500	3455	6055	6510	6430	735/117	105	700/25	210	257.2 x 2.04/3.0
	36	3348	3600	3553	6228	6696	6613	757/117	108	720/25	216	264.1 x 2.04/3.0
5-37	37	3441	3700	3652	6401	6882	6797	779/117	111	740/25	222	271.0 x 2.04/3.0
5-43	43	3959	4300	4244	7439	7998	7899	909/127	135	870/25	270	313.0 x 2.04/3.0
5-55	55	5115	5500	5429	9525	10290	10184	1091/137	177	1130/25	354	397.0 x 2.04/3.0





## 2 - ANCHORAGES

For the selection and the dimensions of the most commonly used anchorages, please consult the VSL data sheets on anchorages. For spacing between anchorages and edge distance, refer to individual anchorage data sheet.

## 3 - DUCTING

### 3.1 TYPES

#### 3.1.1 Bright corrugated steel ducts

The most commonly used sheaths are made from rolled steel strip. Round and flat (max. 5 strands are available). They are corrugated and leak-tight and must have sufficient strength to withstand varying degrees and types of mechanical loading. For additional information and details, locally valid norms (for example EN23) can be consulted.

#### 3.1.2 Galvanized corrugated steel ducts

Galvanization is sometimes used to ensure corrosion protection of the metal strip. It can provide lower friction losses when stressing the tendon.

Please check local code requirements.

#### 3.1.3 Corrugated PT-PLUS® duct system

For enhanced corrosion protection and fatigue resistance of the tendons, use of the VSL PT-PLUS® corrugated plastic duct system is

recommended. The PT-PLUS® system is particularly suitable for railroad bridges, bridge decks, parking structures and other situations where severe corrosion or high fatigue loading may be expected. In addition, the PT-PLUS® system with additional details at the anchorages allows to provide electrically isolated tendons (EIT) and a protection level of

PL3 (No bulletin 33). These EIT tendons permit monitoring of the leak tightness of the tendon encapsulation and protection of the tendons over the entire design life of the structure.



<sup>1</sup> Ductiles are available with/without grid vents for a flangehead tube with dia. 23 mm

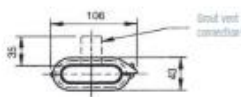
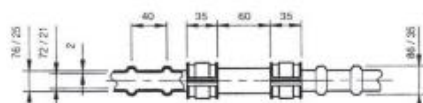
### Dimensions for PT-PLUS® duct system

Dimensions in mm, subject to modification

Type	Tendon unit		Ø A	Ø B	Ø C	D	E	Ø F	G	H	Nominal weight	
	0.5"	0.6"									Duct kg/m	Coupler kg/unit
22	3-1	8-1	22	25	31	1.3	55	27.5 <sup>1</sup>	80 <sup>1</sup>	27.5 <sup>1</sup>	0.180	0.010
25	5-12	8-7	28	33	37	2.3	42	82	108	108	0.480	0.200
29	5-18	8-12	34	41	46	2.5	37.5	100	110	124	0.620	0.250
30	5-31	8-19/22	40	48	53	3.0	80	123	120	141	0.980	0.270
33	5-37	8-27	46	55	60	3.0	80	138	127	162	1.120	0.320
38	5-43/55	8-31/37	52	61	66	3.0	52	153	134	177	1.200	0.380
40		8-35	58	67	72	3.0	80	175	120	198	1.620	0.420

<sup>1</sup> One-piece flange coupler

Note: PT-PLUS® ducts come in lengths of approximately 8 m, type 22 ducts are 7 m long



**Lampiran 3**  
**(Brosur Lift)**



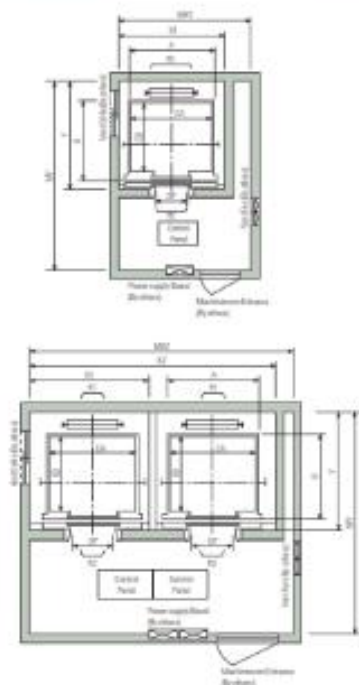
Moving solutions with safety, reliability and efficiency

# PASSENGER ELEVATORS

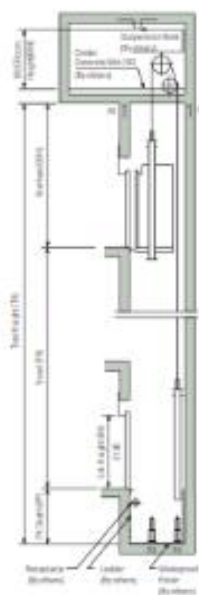
 **HYUNDAI ELEVATOR**

## Layout Plan - LUXEN(Gearless Elevators) 1 ~ 2.5m/sec | Center open

### Plan of Hoistway & Machine Room



### Section of Hoistway



### Overhead & Pit Depth

Unit: mm

Load (kg)	450 - 1000		1150 - 1600		M/C Room Height (MR)
	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4300	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	
1.75	4600	1600	4600	1600	2400
2.0	4700	1700	4700	1700	
2.5	5000	2000	4900	2200	2600

- Notes:
1. Above dimensions are applied for car height of 2200mm, for other applicable dimensions, contact us.
  2. In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
  3. Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilation fan and/or air conditioner if necessary and humidity below 90%.

## Standard Dimensions & Reactions

### Manufacturer Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car			Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			OP	Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	2 Panel Center Open	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3600	2000	5400	4500	
	8	550		800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900	
	9	600		800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3500	4100	2450	6300	5100	
	10	700		800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400	
	11	750		800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600	
1.5	13	900		900	1600 × 1250	1660 × 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300	
	15	1000		900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6600	
	17	1150		1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	2200	2600	4900	3900	6600	5100	11000	8700	
1.75	20	1350		1100	2000 × 1250	2100 × 1520	2550	5200	2050	2800	5250	3800					
	24	1600		1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	2400	2600	4900	4200	7800	6000	12200	9500	
	24	1600	1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000						
2.0	13	900	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	2450	2900	5400	4300	8500	6800	13600	10400		
	15	1000	1100	2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200						
	17	1150	900	1600 × 1350	1700 × 1520	2250	4600	2100	2550	4600	4250	12030	6650	9000	7500		
	20	1350	900	1600 × 1500	1700 × 1670	2250	4600	2250	2550	4600	4250	12800	6950	9400	8000		
	24	1600	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700		
2.5	13	900	1100	2000 × 1250	2100 × 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650						
	15	1000	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500		
	17	1150	1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650						
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400		

### EN81 Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car			Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			OP	Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	2 Panel Center Open	700	1100 × 1100	1160 × 1250	1550	3200	1700	1800	3500	3450	3600	2000	5400	4500	
	7	550		800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200					
	8	630		800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900	
	9	700		800	1400 × 1100	1460 × 1255	1800	3700	1700	2000	4000	3450	4100	2450	6300	5100	
	10	800		800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400	
1.5	12	900		900	1600 × 1250	1660 × 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3700	5100	3750	8100	6300	
	13	1000		900	1600 × 1400	1660 × 1555	2050	4200	2000	2300	4400	3700	5450	4300	8600	6600	
	15	1150		1000	1800 × 1400	1900 × 1570	2350	4800	2100	2600	4900	3800	6600	5100	11000	8700	
1.75	18	1350		1100	2000 × 1200	2100 × 1470	2550	5200	2000	2800	5250	3750					
	21	1600		1000	1800 × 1650	1900 × 1820	2350	4800	2350	2600	4900	4150	7800	6000	12200	9500	
	21	1600	1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000						
2.0	10	800	1100	2000 × 1700	2100 × 1870	2550	5200	2400	2900	5400	4250	8500	6800	13600	10400		
	12	900	1100	2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200						
	13	1000	800	1400 × 1250	1500 × 1520	2050	4200	2100	2350	4200	4100	10500	6400	8200	7300		
	15	1150	900	1600 × 1300	1700 × 1470	2250	4600	2050	2550	4600	4050	12030	6650	9000	7500		
	18	1350	900	1600 × 1400	1700 × 1570	2250	4600	2150	2550	4600	4150	12800	6950	9400	8000		
2.5	10	800	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700		
	12	900	1100	2000 × 1250	2100 × 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650						
	15	1150	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500		
	21	1600	1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400		

**Lampiran 4**  
**(Brosur Material Bangunan)**



**Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon**

Panjang, L (mm) : 600  
 Tinggi, H (mm) : 200 ; 400  
 Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, ( $\rho$ ) : 530 kg/m<sup>3</sup>  
 Berat jenis normal, ( $\rho$ ) : 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Kuat tekan, ( $\sigma$ ) :  $\geq 4.0$  N/m<sup>2</sup>  
 Konduktifitas termis, ( $\lambda$ ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m <sup>3</sup>	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

**Citicon Light Concrete Technical Specifications**

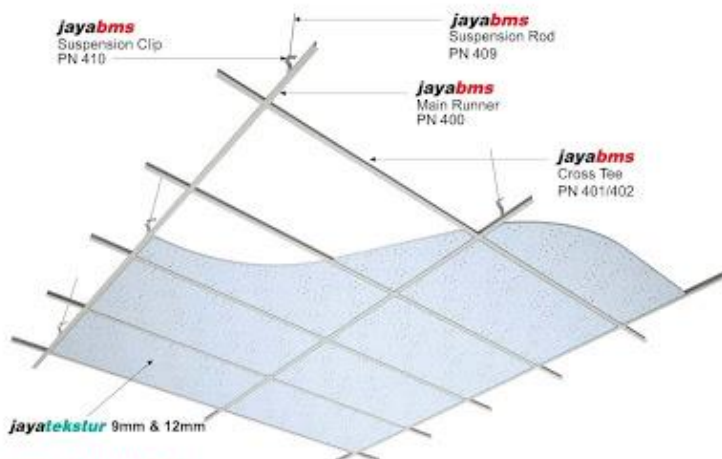
Length, L (mm) : 600  
 Height, H (mm) : 200 ; 400  
 Thick, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, ( $\rho$ ) : 530 kg/m<sup>3</sup>  
 Field Density, ( $\rho$ ) : 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Compressive Strength, ( $\sigma$ ) :  $\geq 4.0$  N/m<sup>2</sup>  
 Thermal Conductivity, ( $\lambda$ ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m <sup>3</sup>	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



## ECS2 - Sistem Plafon Rangka Tampak Desain - Estetis



### DETAIL & DATA FISIK

Sistem plafon ini menggunakan rangka tampak (exposed grid) yang digantung (suspended) dengan ceiling panel **Jayatekstur** 9mm atau 12mm. **Jayatekstur** adalah **Jayapanel** dengan kombinasi finishing cat dan tekstur.

Pilihan produk : **Byhua, Star**

Karakter Spesifikasi :

- Tekstur favorite dan atraktif
- Pilihan tekstur untuk berbagai elevasi plafon



PERFORMA AKUSTIK  
**NRC 0.1**



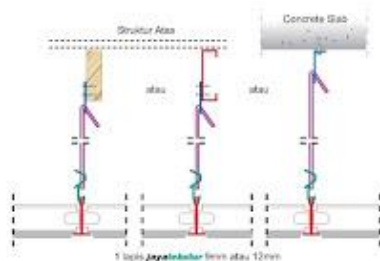
PERFORMA LENDUT  
**≤ 2mm**



REFLEKSI CAHAYA  
**87%**



BERAT SISTEM  
**7.5 Kg/m<sup>2</sup>**



Material	PN	Jarak Rangka (mm)
Suspension Clip	410	1200
Main Runner	420	1200 / 600
Cross Tee	401 / 402	1200 / 600



30 x 30


**TECHNICAL DATA**  
 ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARWANA	ISO	UNIT	WALL TILE ARWANA	ISO
Size Tolerance	%	+0.5	+0.8	%	+0.2 (-0.2)	+0.2 (-0.2)
Thickness Tolerance	%	+4.0	+5.0	%	+1.4	+1.5
Rectangularity	%	+0.4	+0.8	%	+0.3	+0.3
Straightness of sides	%	+0.4	+0.5	%	+0.3	+0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+0.5	+0.5	mm	+0.2 (-0.8)	+0.2 (-0.8)
b. Edge Curvature	%	+0.5	+0.5	mm	+0.2 (-0.8)	+0.2 (-0.8)
c. Warpage	%	+0.5	+0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm <sup>2</sup>	min 200	180	kg/cm <sup>2</sup>	min 200	min 150
Water Absorption	%	6-9	6-10	%	>10	>10
Cracking Resistance		Required (5 bar)	Required (5 bar)		Required (5 bar)	Required (5 bar)

**Arwana Ceramic tiles packing information**

SIZE (cm)	QTY./BOX	M/BOX	WT. KG./BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5


**Contact us :**

**Head Office**  
**PT. ARWANA CITRAMULLA TM**  
 Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24  
 Kembangan Selatan, Jakarta 11610  
 Jakarta 11610  
 Pnc: +62 21 5830 2363  
 Fax: +62 21 5830 2361  
 E-mail: info@arwanacitra.com  
 Website: www.arwanacitra.com

**Sole Distributor**  
**PT. PRISMAGRIHA KERAMINDO**  
 Sentra Niaga Puri Indah Blok TS No. 16-17  
 Kembangan Selatan, Jakarta 11610  
 Jakarta 11610  
 Pnc: +62 21 5835 8118  
 Fax: +62 21 5835 8008  
 E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

**Factories**  
**PLANT I:**  
**PT. ARWANA CITRAMULLA (JCM)**  
 Jl. Raya Pasar Kemis  
 Tangerang 15133, Banten  
 Pnc: +62 21 3903551 Fax: +62 21 5903461  
 Email: info@pac.arwanacitra.com

**PLANT II:**  
**PT. ARWANA NIJANGI KERAMIK (ANK)**  
 Jl. Raya Ganda, Desa Kiliun Km 09  
 Cikande - Serang, Banten  
 Pnc: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364  
 Email: info@ank.arwanacitra.com

**PLANT III:**  
**PT. SINAR KARYA DUTA ABADI (SKDA)**  
 Jl. Wringin Anom Raya Km. 33  
 Desa Wringin Anom, Kt. Gresik  
 Jawa Timur  
 Pnc: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679  
 Email: info@skda.arwanacitra.com

**ARTISTIKA**  
Pusat Jasa Desain & Konstruksi  
Kalsi Harga Terbaik & Berkualitas  
Kalsi Harga Terbaik & Berkualitas

100% BEBAS ASHES  
Kalsi yang bebas dari kandungan asbestos  
Kalsi yang bebas dari kandungan asbestos

ZTCOLABANUSIRGA.FERROSEK® - R2022mm

**KalsiBeta 3®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
3.0	1000	1000	4.3	18,700
3.0	500	1000	2.2	8000
3.0	1000	2000	8.6	34,500
3.0	500	2000	4.3	18,850

**KalsiBoard Long 3.5®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
3.5	1200	2400	14.4	62,800
3.5	1200	2400	13.9	60,400

**KalsiBoard Long 4.5®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
4.5	1200	2400	19.0	86,550
4.5	1200	2400	18.4	83,350

**KalsiBoard Long 6®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2400	25.4	122,550
6.0	1200	2400	24.5	117,750
6.0	1200	2700	27.6	132,450
6.0	1200	3000	30.7	148,600

**KalsiBoard Long 6-R2®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2400	25.4	135,850
6.0	1200	2400	24.5	120,800
6.0	1200	2700	27.6	135,500
6.0	1200	3000	30.7	149,650

**KalsiBoard Long 6-R4®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2400	25.4	135,800
6.0	1200	2400	25.4	135,800
6.0	1200	2400	24.5	122,050

**KalsiBeta 3®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
3.0	1000	1000	4.3	18,700
3.0	500	1000	2.2	8000
3.0	1000	2000	8.6	34,500
3.0	500	2000	4.3	18,850

**KalsiBoard Long 3.5®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
3.5	1200	2400	14.4	62,800
3.5	1200	2400	13.9	60,400

**KalsiBoard Long 4.5®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
4.5	1200	2400	19.0	86,550
4.5	1200	2400	18.4	83,350

**KalsiBoard Long 6®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2400	25.4	122,550
6.0	1200	2400	24.5	117,750
6.0	1200	2700	27.6	132,450
6.0	1200	3000	30.7	148,600

**KalsiBoard Long 6-R2®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2400	25.4	135,850
6.0	1200	2400	24.5	120,800
6.0	1200	2700	27.6	135,500
6.0	1200	3000	30.7	149,650

**KalsiBoard Long 6-R4®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2400	25.4	135,800
6.0	1200	2400	25.4	135,800
6.0	1200	2400	24.5	122,050

**KalsiPart 8®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2700	27.6	137,200
6.0	1200	3000	30.7	152,500

**KalsiPart 8-R2®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	1200	2400	34.8	164,850
8.0	1200	2400	33.6	158,600
8.0	1200	2700	37.8	178,400
8.0	1200	3000	42.1	198,150

**KalsiPart 8-R4®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	1200	2400	34.8	169,000
8.0	1200	2400	33.6	162,850
8.0	1200	2700	37.8	183,000
8.0	1200	3000	42.1	202,100

**KalsiPart 8-R4®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	1200	2400	34.8	170,650
8.0	1200	2400	33.6	164,200
8.0	1200	2700	37.8	184,700
8.0	1200	3000	42.1	204,100

**KalsiPart 10®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
10	1200	2400	43.5	208,000
10	1200	2400	42.1	200,100
10	1200	2700	47.3	225,100
10	1200	3000	52.6	250,100

**KalsiPart 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2400	52.2	261,850
12	1200	2400	50.8	242,450
12	1200	2700	56.8	272,650
12	1200	3000	63.1	303,150

**KalsiPart 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2400	52.2	261,850
12	1200	2400	50.8	242,450
12	1200	2700	56.8	272,650
12	1200	3000	63.1	303,150

**KalsiPart 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2400	52.2	261,850
12	1200	2400	50.8	242,450
12	1200	2700	56.8	272,650
12	1200	3000	63.1	303,150

**KalsiPart 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2400	52.2	261,850
12	1200	2400	50.8	242,450
12	1200	2700	56.8	272,650
12	1200	3000	63.1	303,150

**KalsiPart 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2400	52.2	261,850
12	1200	2400	50.8	242,450
12	1200	2700	56.8	272,650
12	1200	3000	63.1	303,150

**KalsiPart 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2400	52.2	261,850
12	1200	2400	50.8	242,450
12	1200	2700	56.8	272,650
12	1200	3000	63.1	303,150

**KalsiPart 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2400	52.2	261,850
12	1200	2400	50.8	242,450
12	1200	2700	56.8	272,650
12	1200	3000	63.1	303,150

**KalsiPart 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2400	52.2	261,850
12	1200	2400	50.8	242,450
12	1200	2700	56.8	272,650
12	1200	3000	63.1	303,150

**KalsiPlank 8®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	200	2400	5.6	31,500
8.0	200	3000	7.0	39,350
8.0	300	2400	8.4	47,150
8.0	300	3000	10.5	59,950

**KalsiPlank 8-Jati®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	200	2400	5.6	33,000
8.0	200	3000	7.0	41,350
8.0	300	2400	8.4	50,000
8.0	300	3000	10.5	62,000

**KalsiPlank 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450
12	200	3000	10.5	57,900
12	300	2400	12.6	69,350
12	300	3000	15.8	89,700

**KalsiPlank 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450
12	200	3000	10.5	57,900
12	300	2400	12.6	69,350
12	300	3000	15.8	89,700

**KalsiPlank 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450
12	200	3000	10.5	57,900
12	300	2400	12.6	69,350
12	300	3000	15.8	89,700

**KalsiPlank 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450
12	200	3000	10.5	57,900
12	300	2400	12.6	69,350
12	300	3000	15.8	89,700

**KalsiPlank 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450
12	200	3000	10.5	57,900
12	300	2400	12.6	69,350
12	300	3000	15.8	89,700

**KalsiPlank 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450
12	200	3000	10.5	57,900
12	300	2400	12.6	69,350
12	300	3000	15.8	89,700

**KalsiPlank 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450
12	200	3000	10.5	57,900
12	300	2400	12.6	69,350
12	300	3000	15.8	89,700

**KalsiPlank 12®**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450

# DAFTAR GAMBAR

## TUGAS AKHIR TERAPAN

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
<b>DENAH</b>			
ARS	DENAH LANTAI 1	1 : 200	1
ARS	DENAH LANTAI 2	1 : 200	2
ARS	DENAH LANTAI 3	1 : 200	3
ARS	DENAH LANTAI 4-9	1 : 200	4
ARS	DENAH LANTAI 10	1 : 200	5
ARS	DENAH LANTAI ATAP	1 : 200	6
<b>TAMPAK</b>			
ARS	TAMPAK TIMUR	1 : 200	7
ARS	TAMPAK SELATAN	1 : 200	8
ARS	TAMPAK UTARA	1 : 200	9
<b>POTONGAN</b>			
ARS	POTONGAN 1-1	1 : 200	10
ARS	POTONGAN 2-2	1 : 200	11
ARS	POTONGAN 3-3	1 : 200	12
ARS	POTONGAN 4-4	1 : 200	13
<b>DENAH BALOK</b>			
STR	DENAH BALOK LANTAI 2 - 10	1 : 200	14
STR	DENAH BALOK LANTAI ATAP	1 : 200	15
STR	DENAH BALOK ATAP RUMAH LIFT	1 : 200	16
<b>DENAH KOLOM</b>			
STR	DENAH KOLOM LANTAI 1-9	1 : 200	17
STR	DENAH KOLOM LANTAI 10	1 : 200	18
STR	DENAH KOLOM LANTAI ATAP	1 : 200	19
<b>DENAH PELAT</b>			
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 2	1 : 200	20
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 3	1 : 200	21

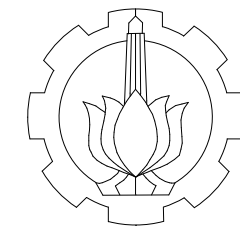
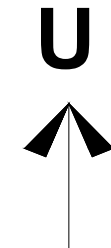
KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 4	1 : 200	22
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 5	1 : 200	23
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 6	1 : 200	24
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 7	1 : 200	25
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 8	1 : 200	26
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 9	1 : 200	27
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI 10	1 : 200	28
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI ATAP	1 : 200	29
STR	DENAH TIPE PELAT LANTAI ATAP RUMAH LIFT	1 : 200	30
<b>DETAIL BALOK</b>			
STR	RESUME PENULANGAN BALOK	1 : 20	31
STR	RESUME PENULANGAN BALOK	1 : 20	32
STR	RESUME PENULANGAN BALOK	1 : 20	33
STR	PENULANGAN BALOK B1	1 : 25	34
STR	PENULANGAN BALOK B2	1 : 25	35
STR	PENULANGAN BALOK B3	1 : 25	36
STR	PENULANGAN BALOK B4	1 : 25	37
STR	PENULANGAN BALOK B5	1 : 25	38
STR	PENULANGAN BALOK BA	1 : 25	39
<b>DETAIL KOLOM</b>			
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K1	1 : 25	40
<b>DETAIL PELAT</b>			
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 2	1 : 200	41
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 2 (PARSIAL 1)	1 : 150	42
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 2 (PARSIAL 2)	1 : 150	43
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 3-10	1 : 200	44
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 3-10 (PARSIAL 1)	1 : 150	45

# DAFTAR GAMBAR

## TUGAS AKHIR TERAPAN

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 3-10 (PARSIAL 2)	1 : 150	46
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP	1 : 200	47
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP (PARSIAL 1)	1 : 150	48
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP (PARSIAL 2)	1 : 150	49
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP RUMAH LIFT	1 : 200	50
DETAIL TANGGA			
STR	TAMPAK TANGGA TIPE 1	1 : 40	51
STR	PENULANGAN TANGGA TIPE 1	1 : 40	52
STR	TAMPAK TANGGA TIPE 2	1 : 40	53
STR	PENULANGAN TANGGA TIPE 2	1 : 40	54
STR	TAMPAK TANGGA TIPE 3	1 : 40	55
STR	PENULANGAN TANGGA TIPE 3	1 : 40	56
DETAIL BALOK PRATEGANG			
STR	DENAH BALOK PRATEGANG	1 : 200	57
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK PRATEGANG	1 : 50	58
STR	DETAIL PENGANGKURAN BALOK PRATEGANG	1 : 20	59
PORTAL			
STR	PORTAL MEMANJANG AS - A	1 : 200	60
STR	PORTAL MEMANJANG AS - B	1 : 200	61
STR	PORTAL MELINTANG AS - 2	1 : 200	62
STR	PORTAL MELINTANG AS - 3	1 : 200	63
HUBUNGAN BALOK - KOLOM			
STR	HUBUNGAN BALOK KOLOM AS - B3	1 : 20	64
STR	HUBUNGAN BALOK KOLOM AS - B2	1 : 20	65
STR	HUBUNGAN BALOK KOLOM AS - A3	1 : 20	66
STR	HUBUNGAN BALOK KOLOM AS - C8	1 : 20	67
STR	HUBUNGAN BALOK KOLOM AS - B1	1 : 20	68
LIFT			
STR	DETAIL LIFT	1 : 150	69





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 2

CATATAN

SKALA

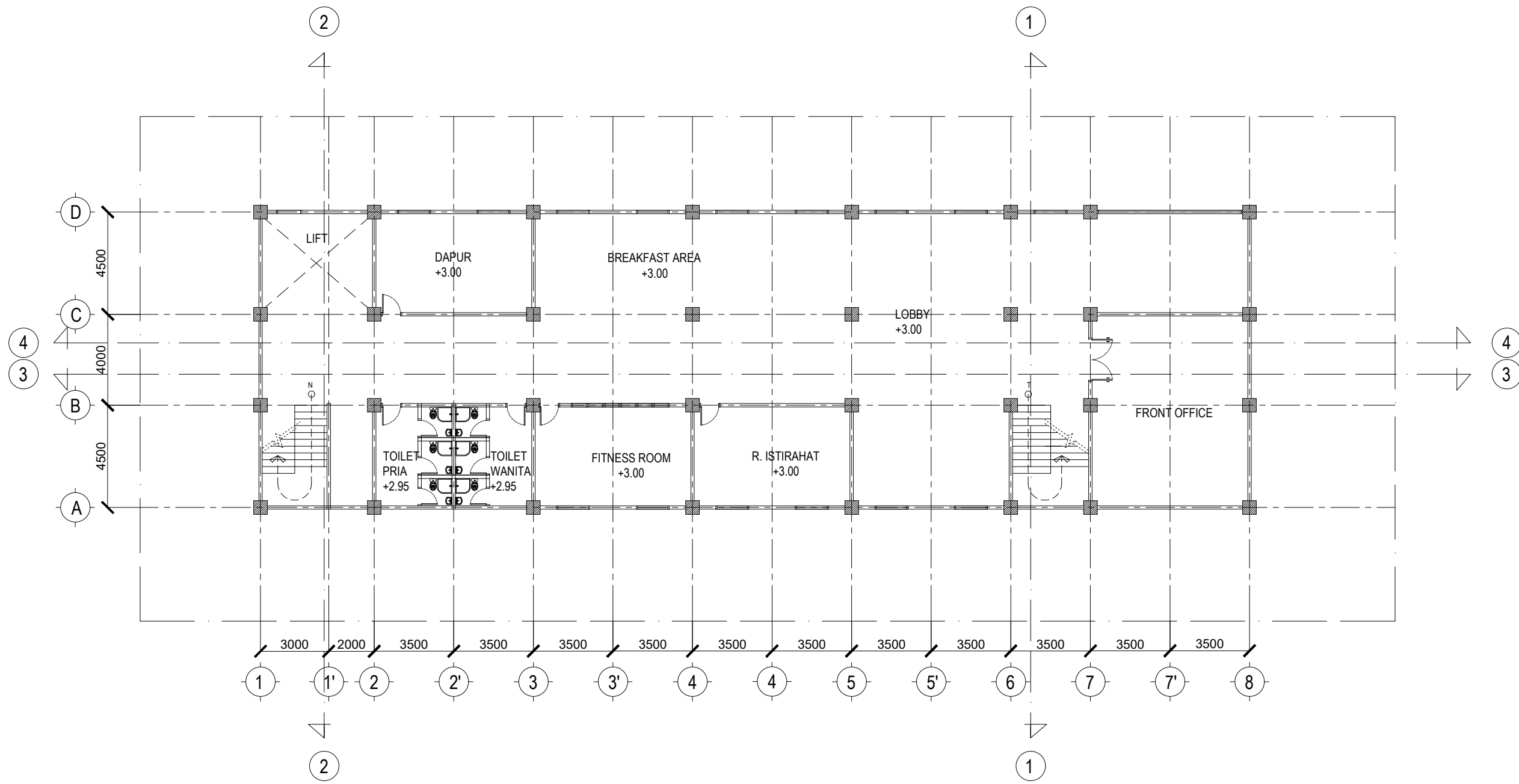
1 : 200

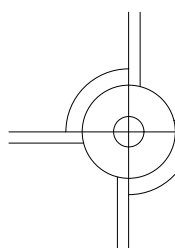
KODE

NOMOR GAMBAR

ARS

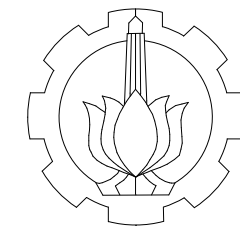
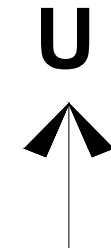
2



 DENAH LT. 2  
1 : 200







DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 4

CATATAN

SKALA

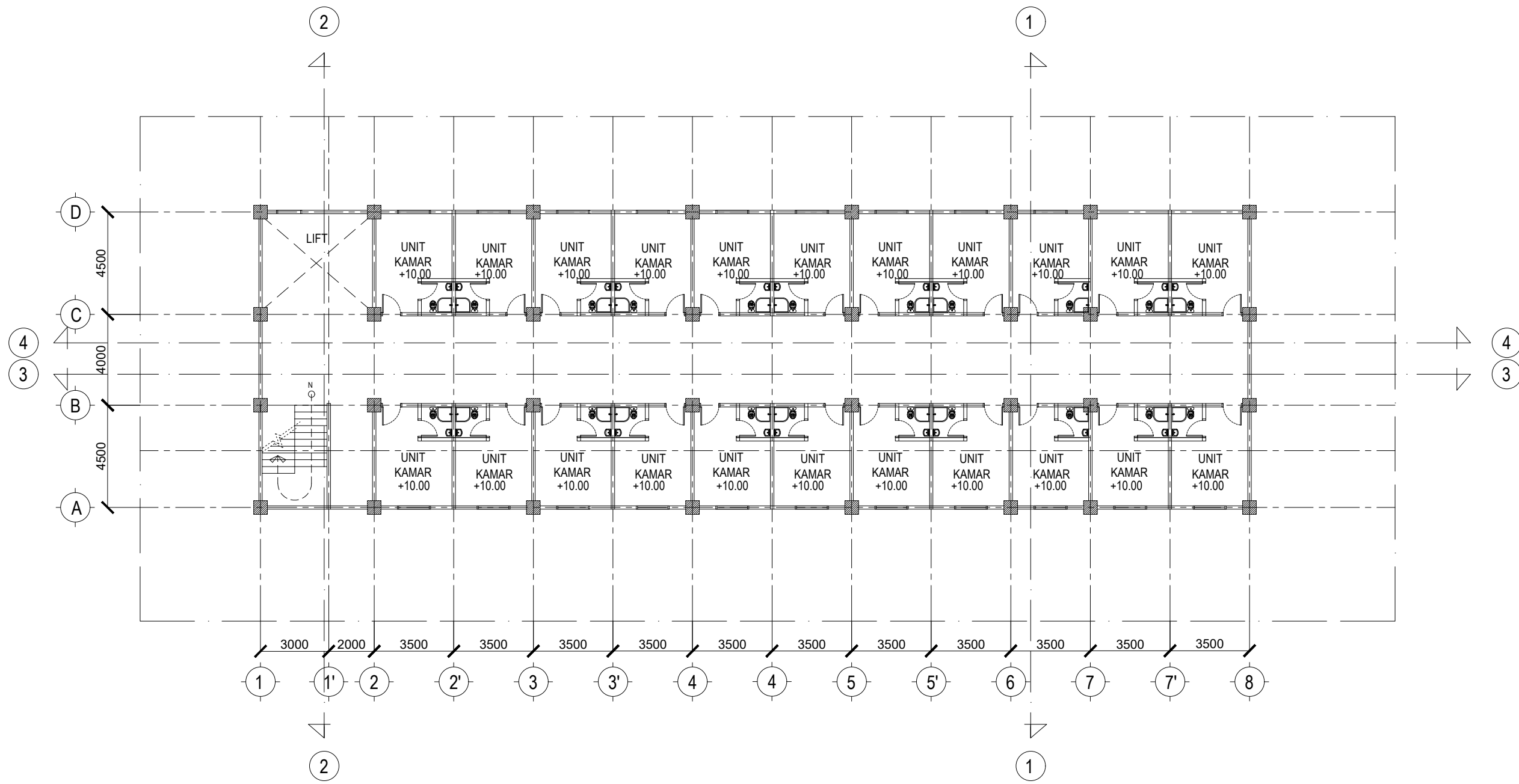
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

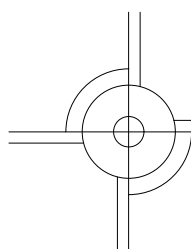
ARS

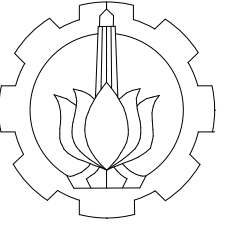
4



DENAH LT. 4 - 9

1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 5

CATATAN

SKALA

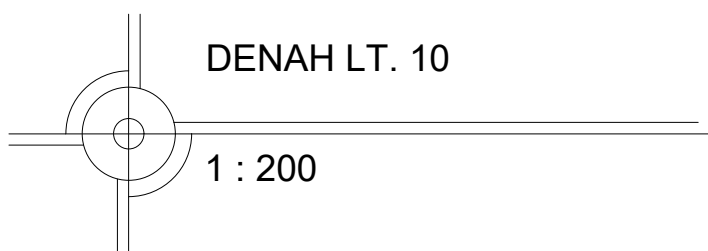
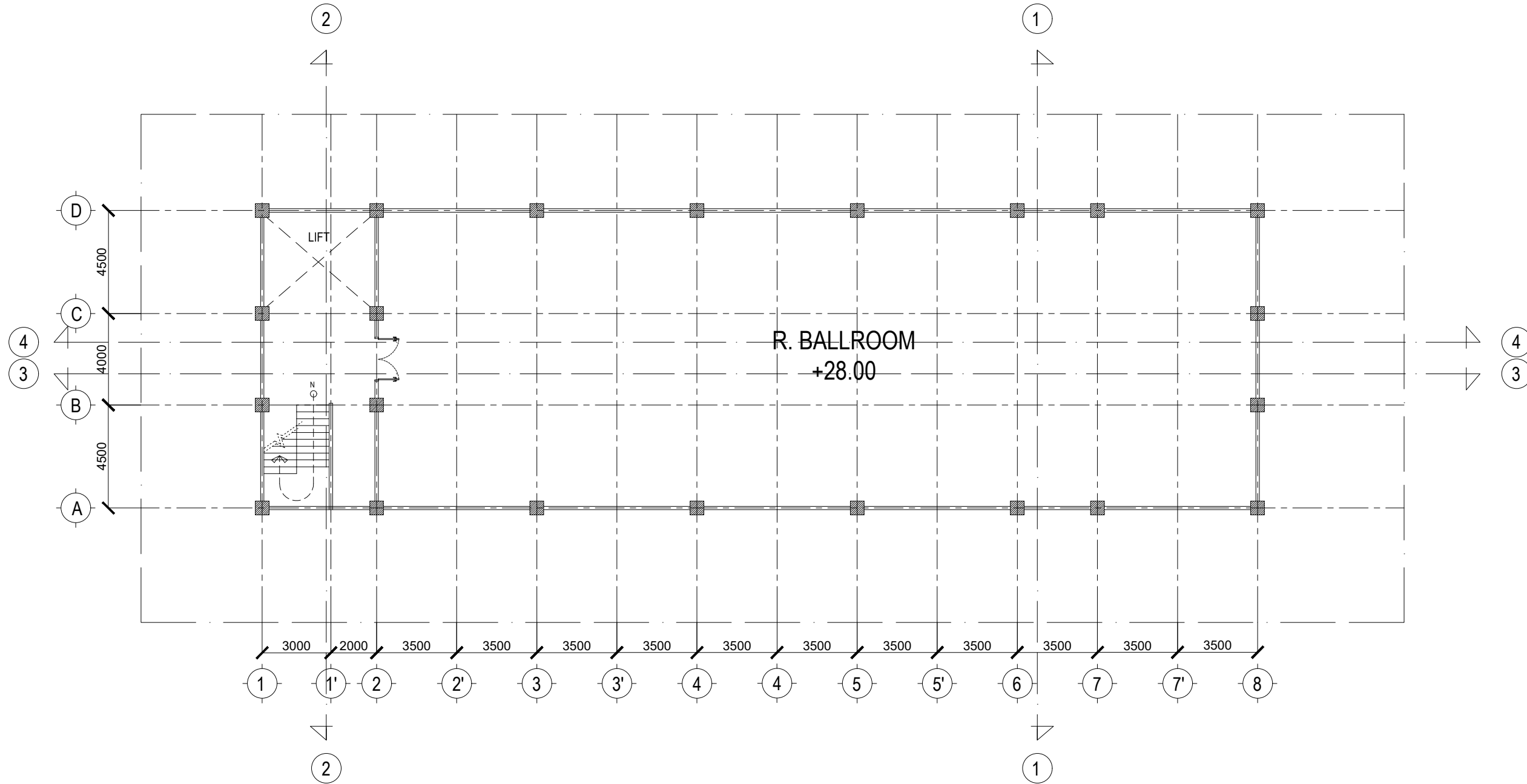
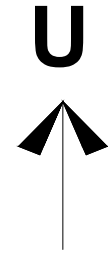
1 : 200

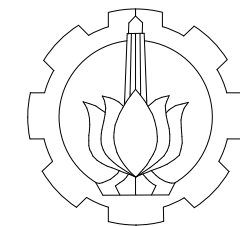
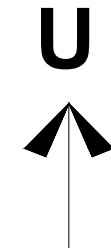
KODE

NOMOR GAMBAR

ARS

5





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 6

CATATAN

SKALA

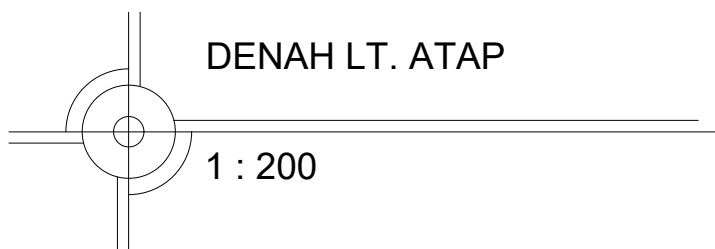
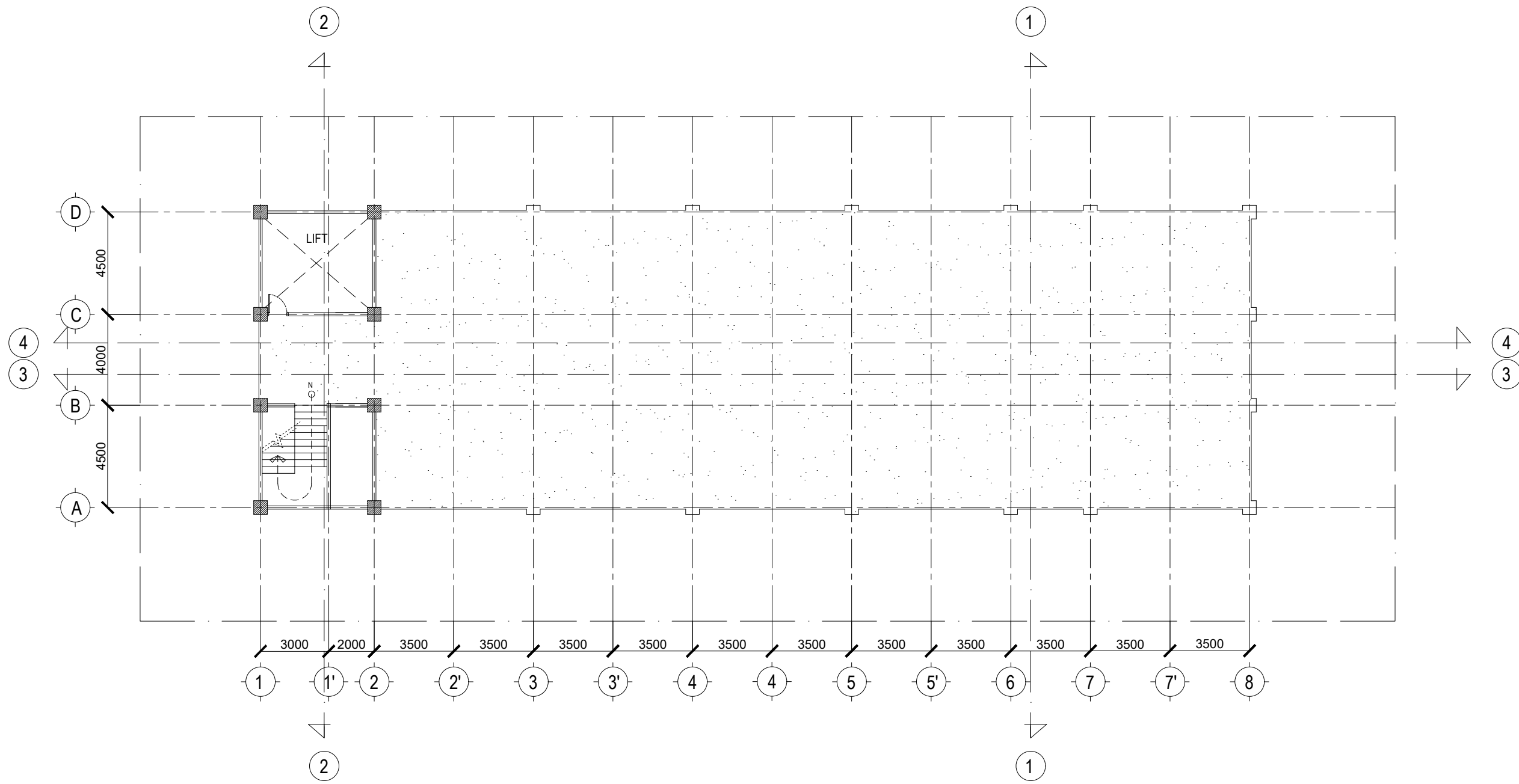
1 : 200

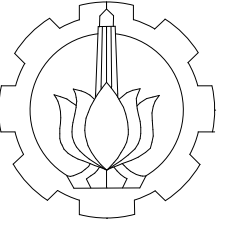
KODE

NOMOR GAMBAR

ARS

6





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

TAMPAK TIMUR

CATATAN

SKALA

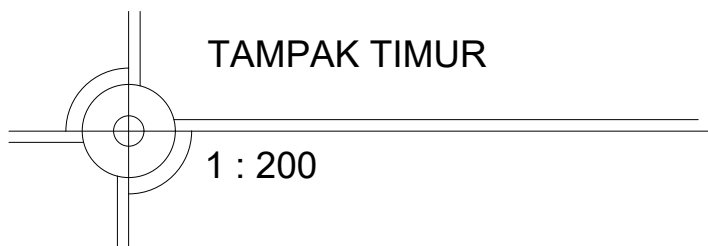
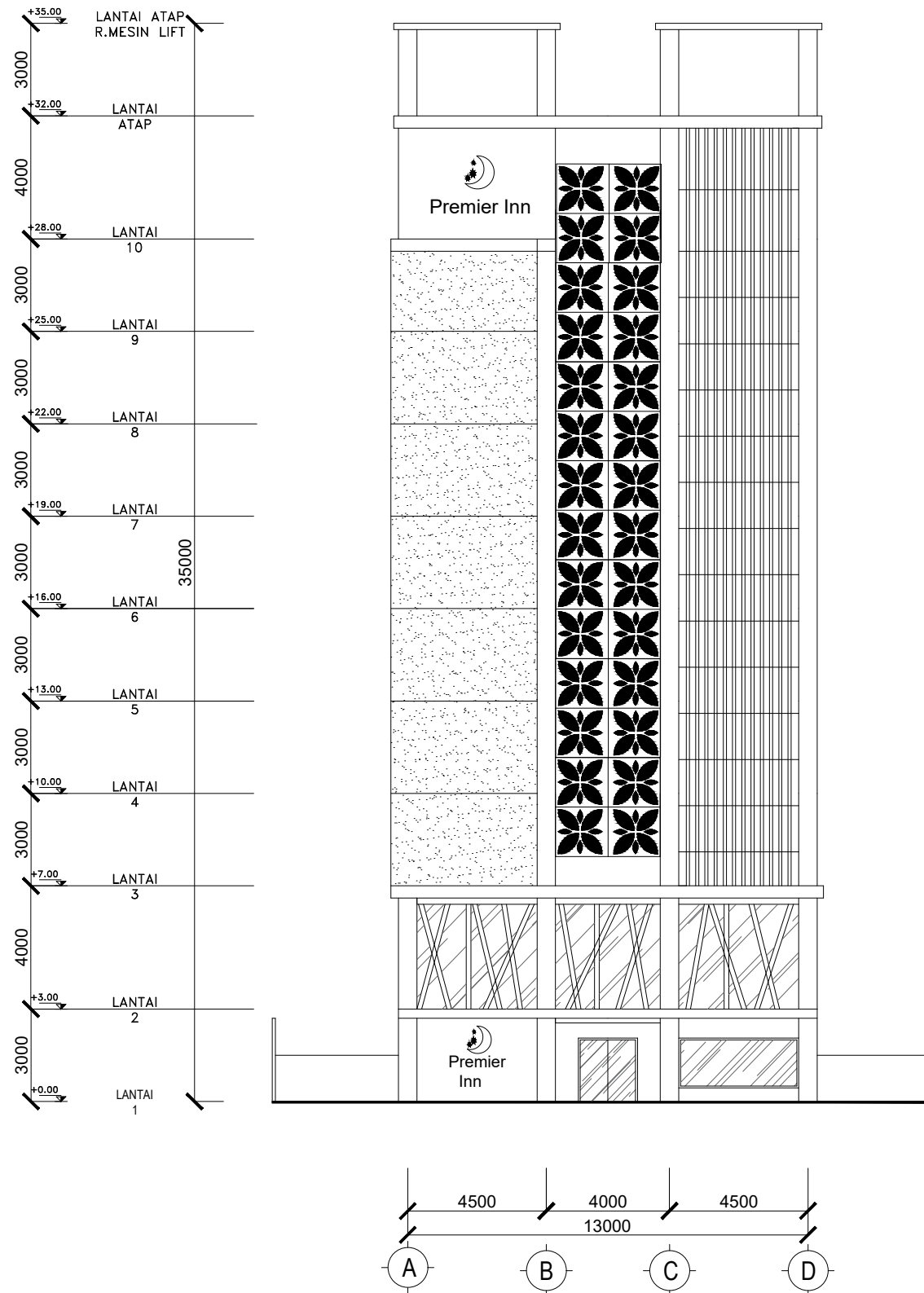
1 : 200

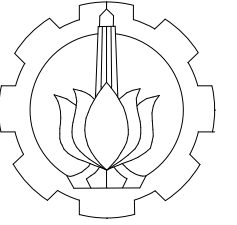
KODE

NOMOR GAMBAR

ARS

7





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

TAMPAK TIMUR

CATATAN

SKALA

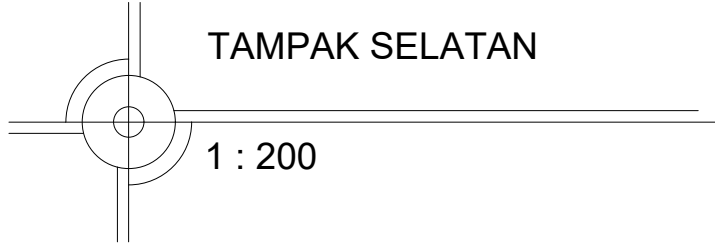
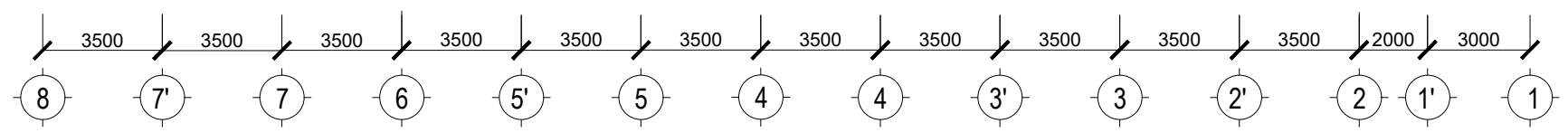
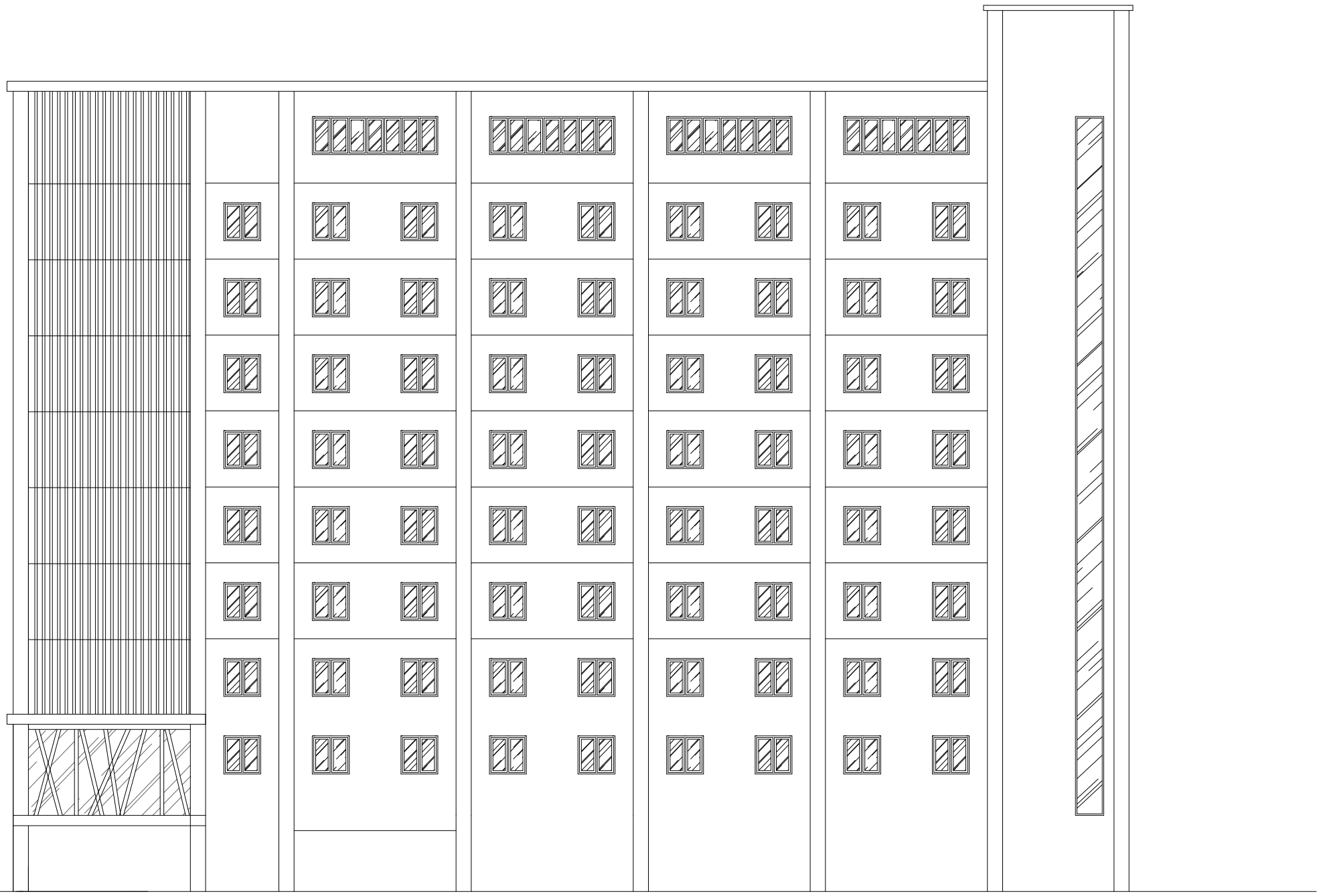
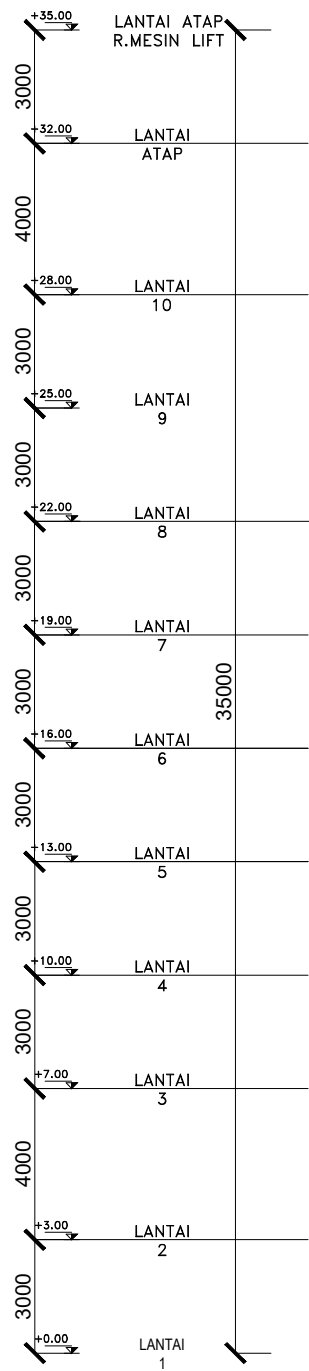
1 : 200

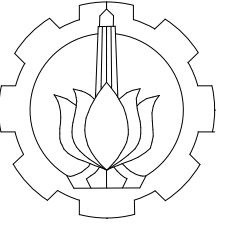
KODE

NOMOR GAMBAR

ARS

8





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

TAMPAK TIMUR

CATATAN

SKALA

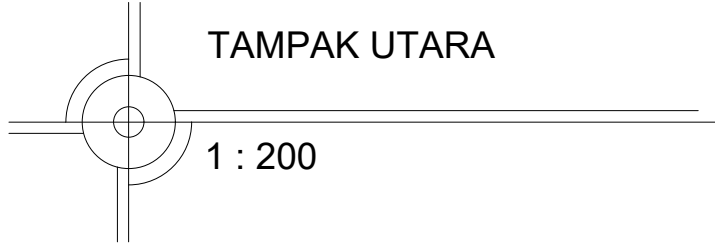
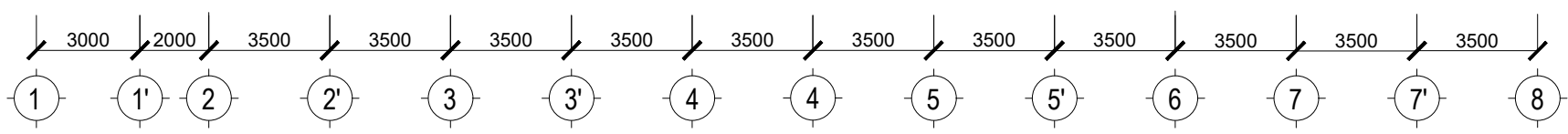
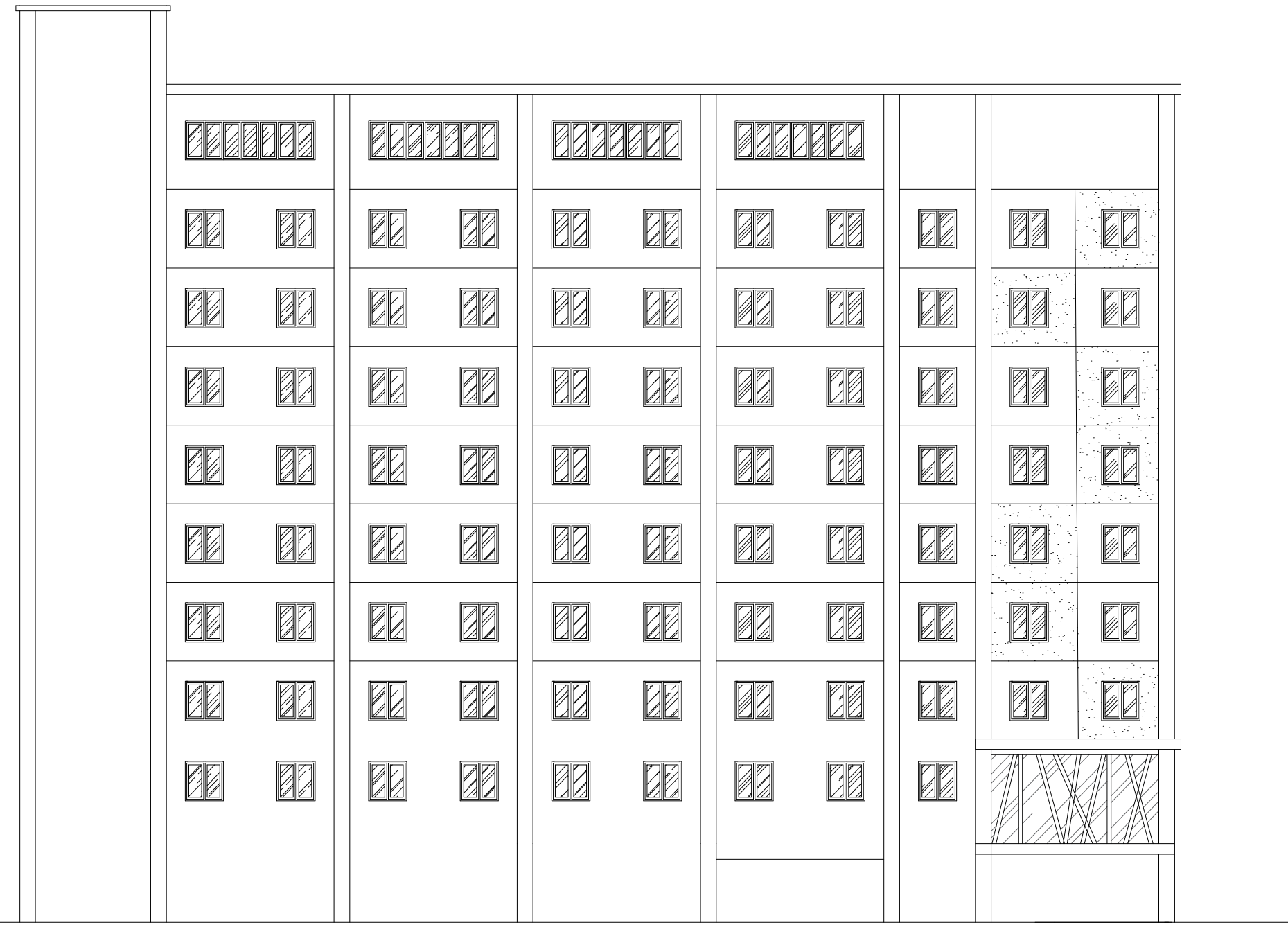
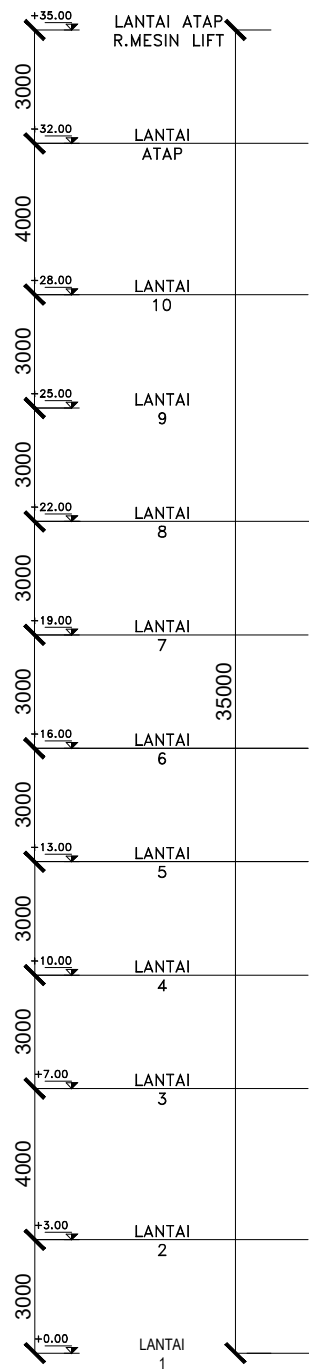
1 : 200

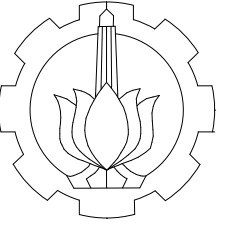
KODE

NOMOR GAMBAR

ARS

9





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

POTONGAN 1 - 1

CATATAN

SKALA

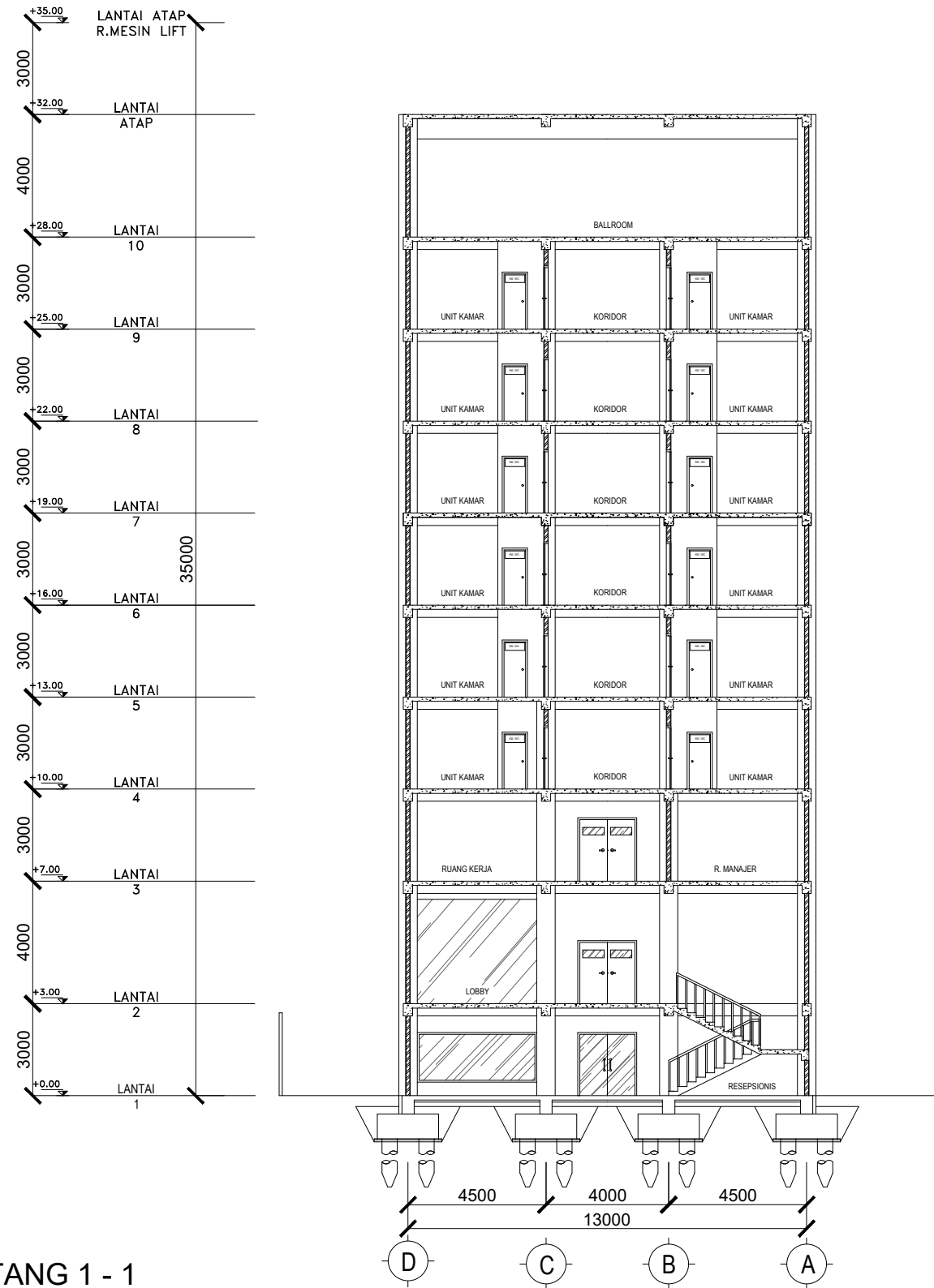
1 : 200

KODE

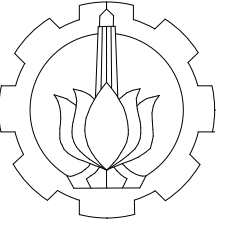
NOMOR GAMBAR

ARS

10



POTONGAN MELINTANG 1 - 1  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

POTONGAN 2 - 2

CATATAN

SKALA

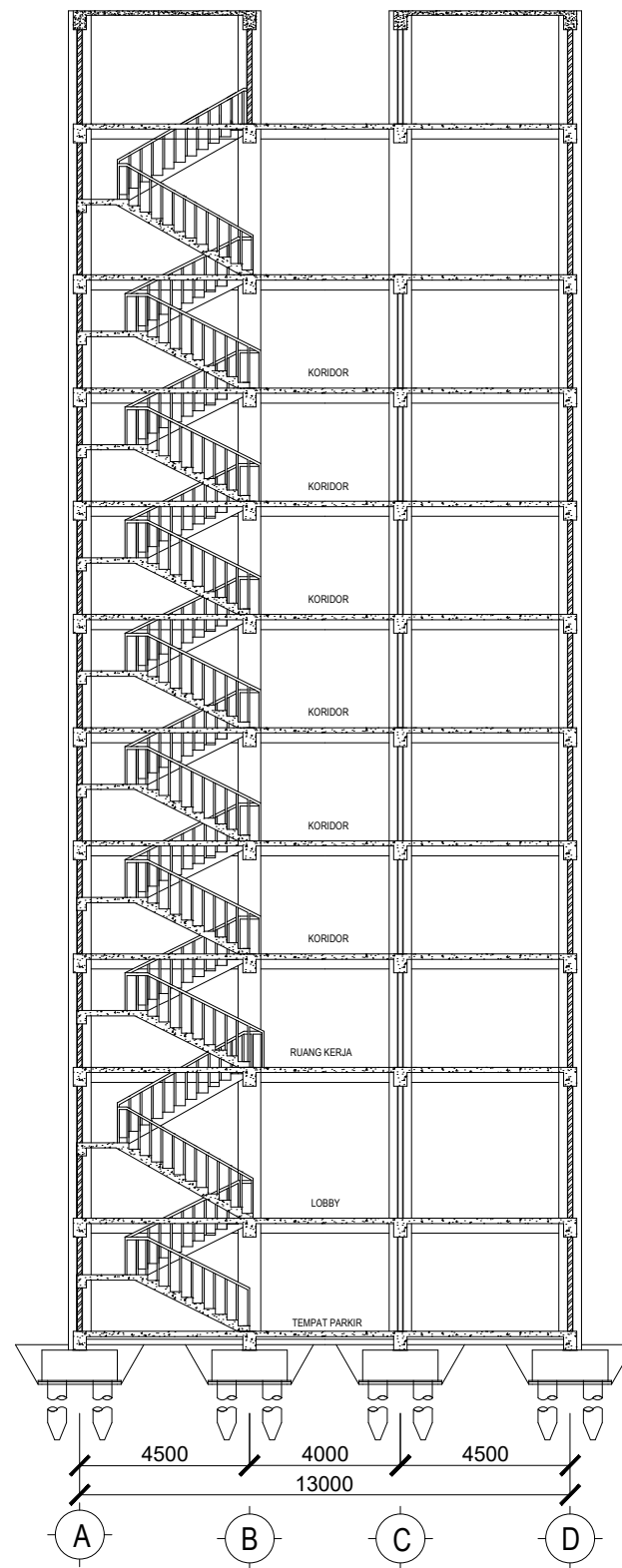
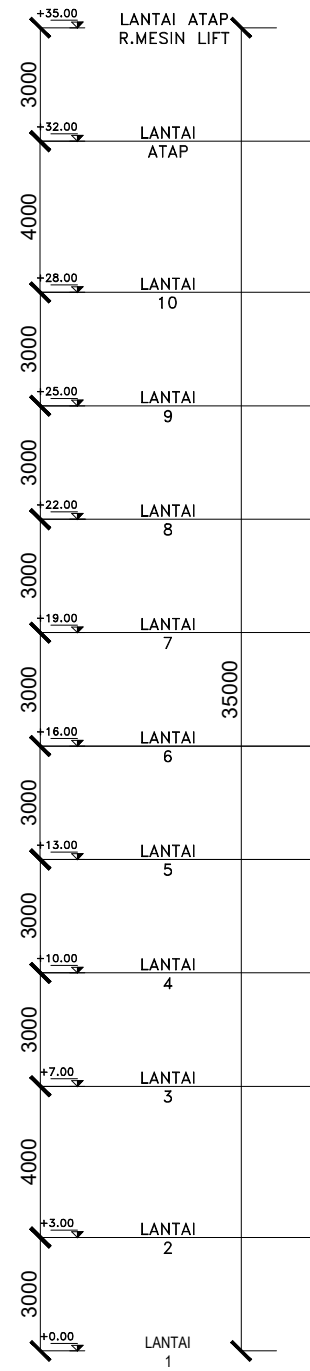
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

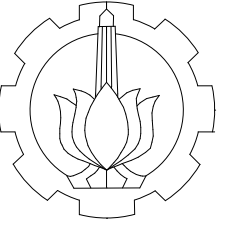
ARS

11



POTONGAN MELINTANG 2 - 2  
1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

POTONGAN 3 - 3

CATATAN

SKALA

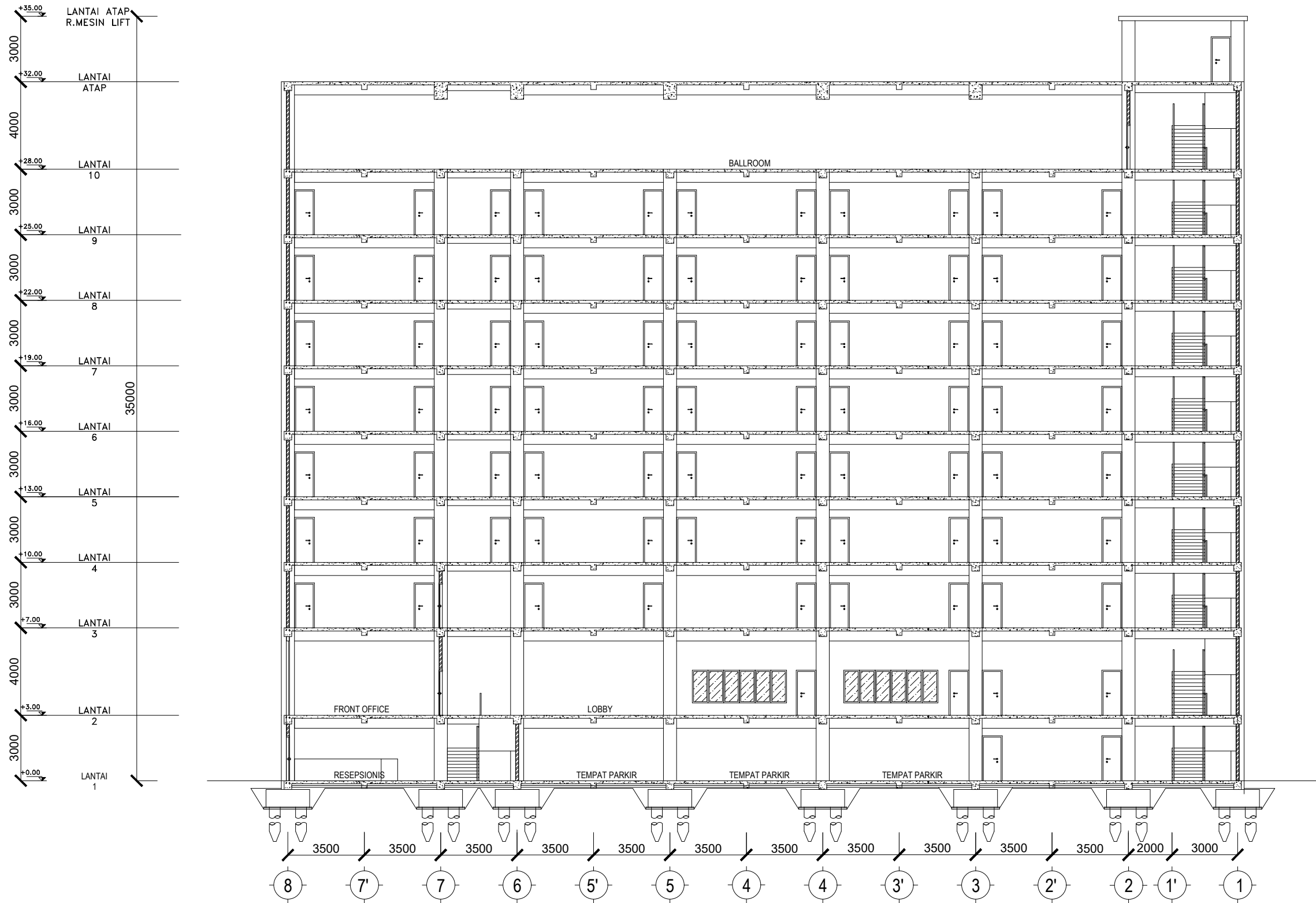
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

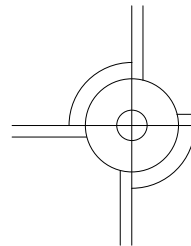
ARS

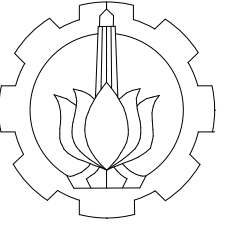
12



POTONGAN MEMANJANG 3 - 3

1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

POTONGAN 4 - 4

CATATAN

SKALA

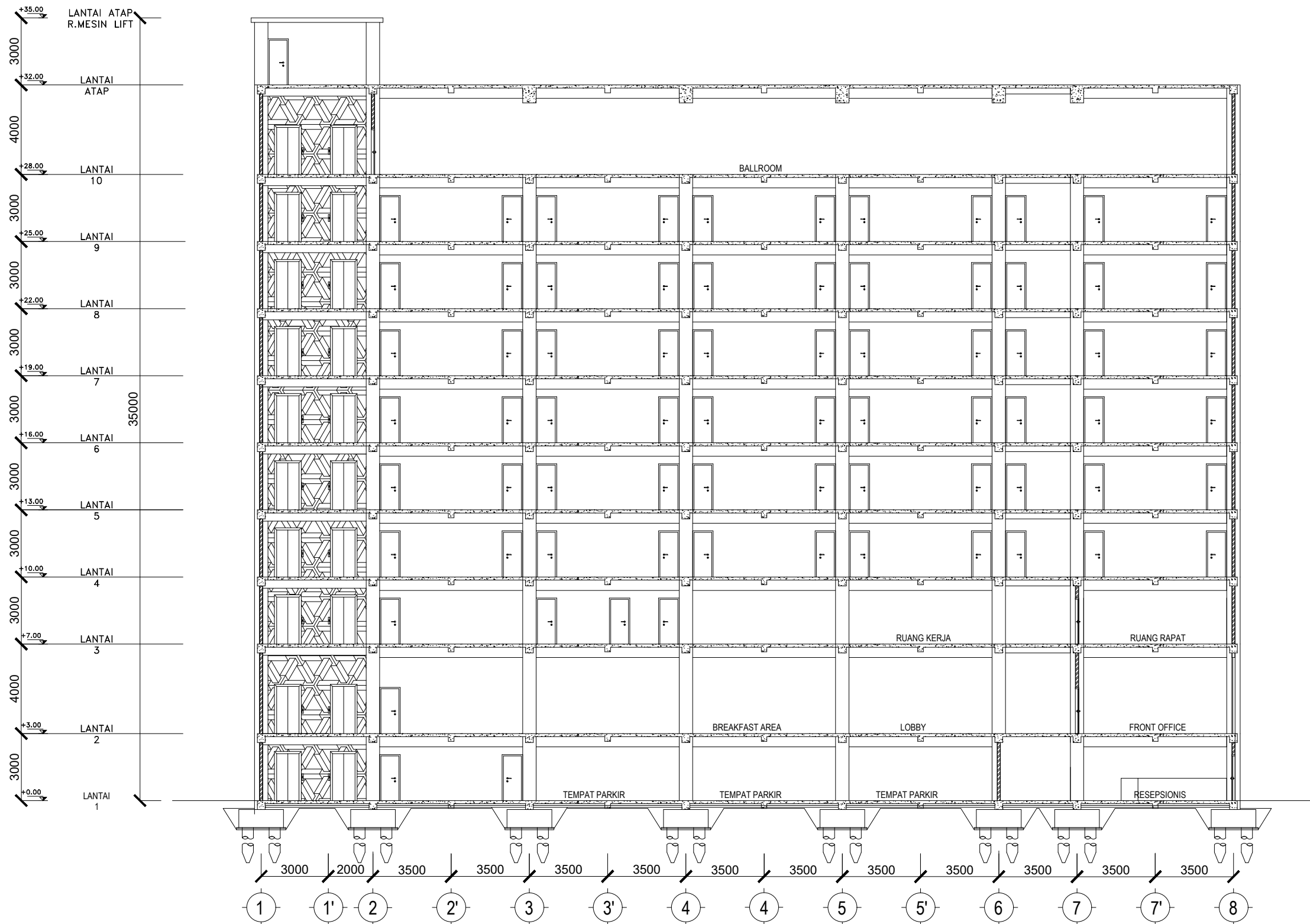
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

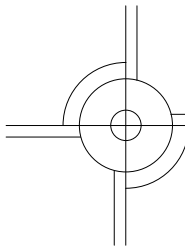
ARS

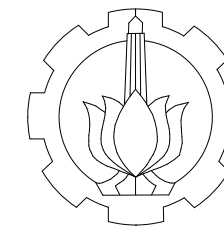
13



POTONGAN MEMANJANG 4 - 4

1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 2-10

CATATAN

SKALA

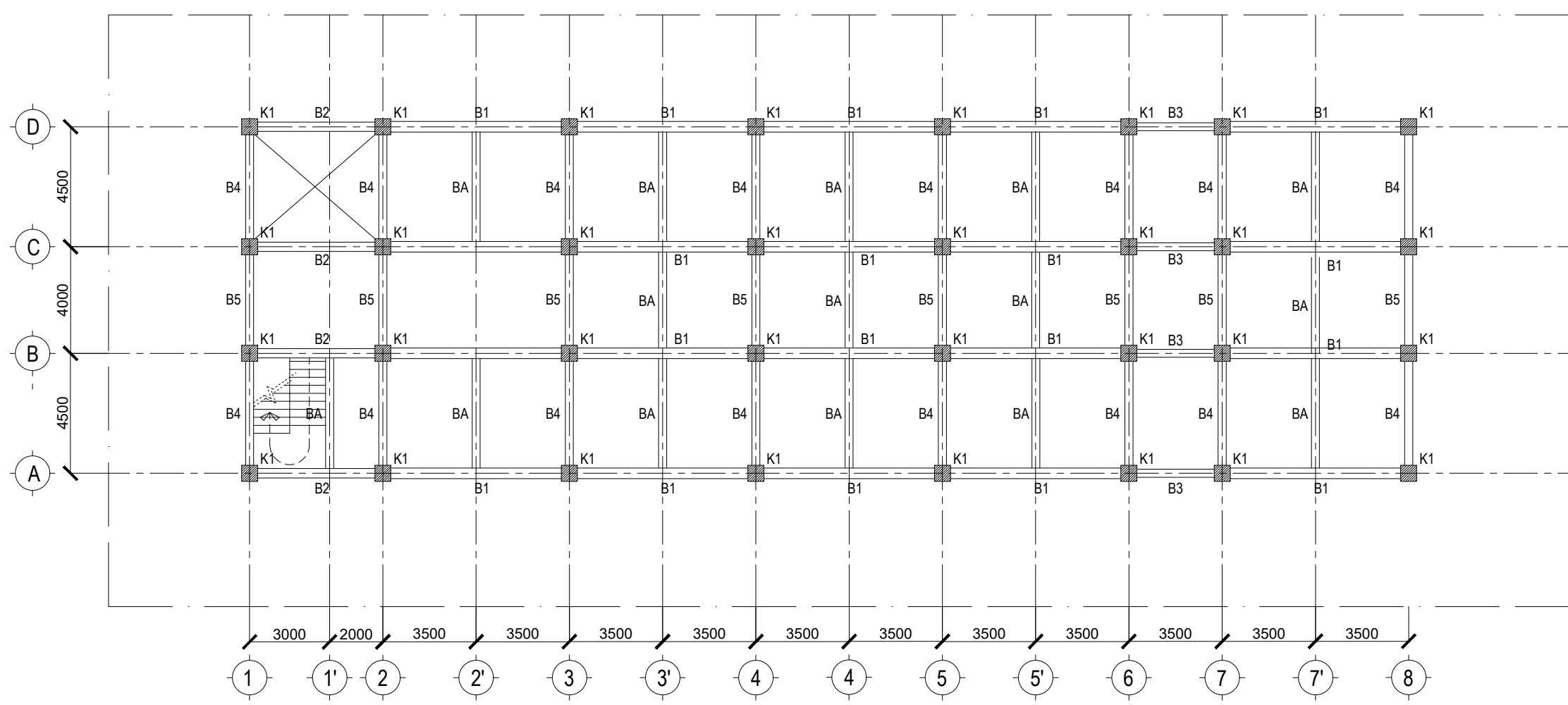
1 : 200

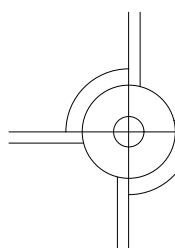
KODE

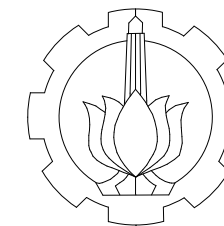
NOMOR GAMBAR

ARS

14



 DENAH BALOK  
LT. 2-10  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
 INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
 DENGAN ELEMEN BALOK  
 PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
 NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
 NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI ATAP

CATATAN

SKALA

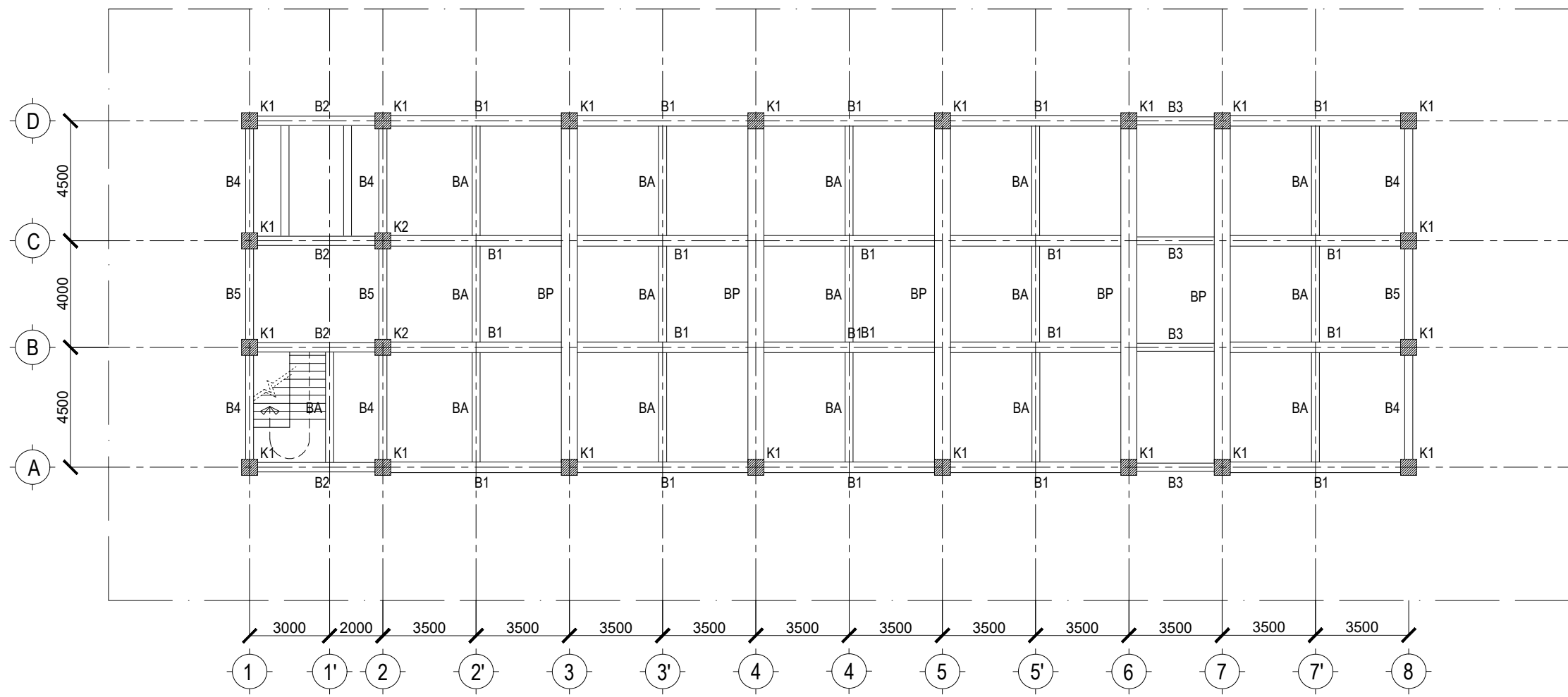
1 : 200

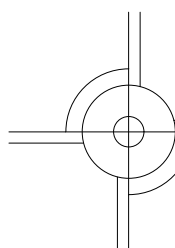
KODE

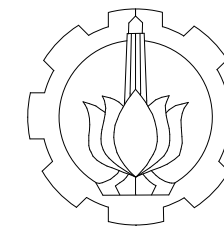
NOMOR GAMBAR

STR

15



 DENAH BALOK  
 LT. ATAP  
 1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK ATAP  
RUMAH LIFT

CATATAN

SKALA

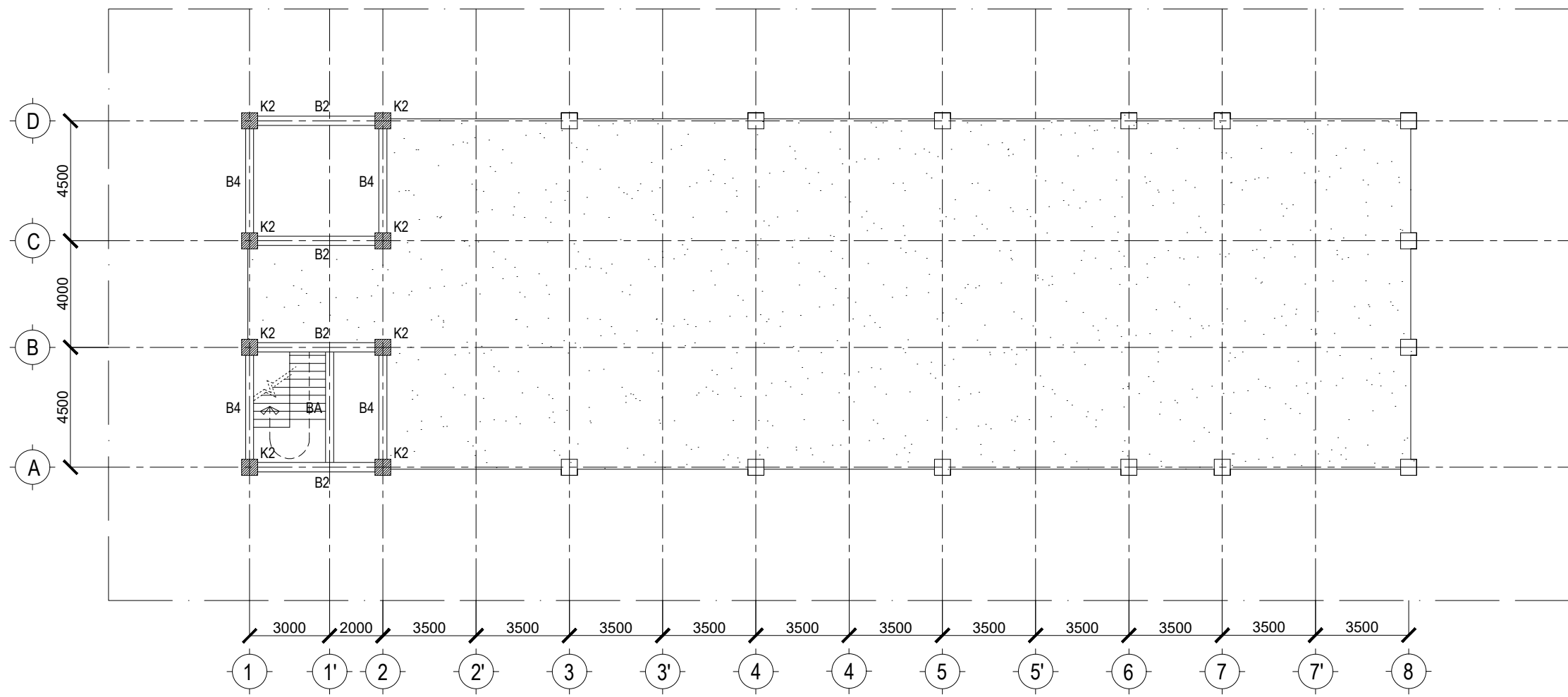
1 : 200

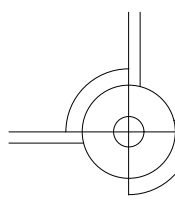
KODE

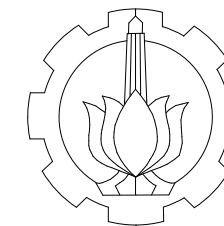
NOMOR GAMBAR

STR

16



 DENAH BALOK ATAP RUMAH LIFT  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT 1-9

CATATAN

SKALA

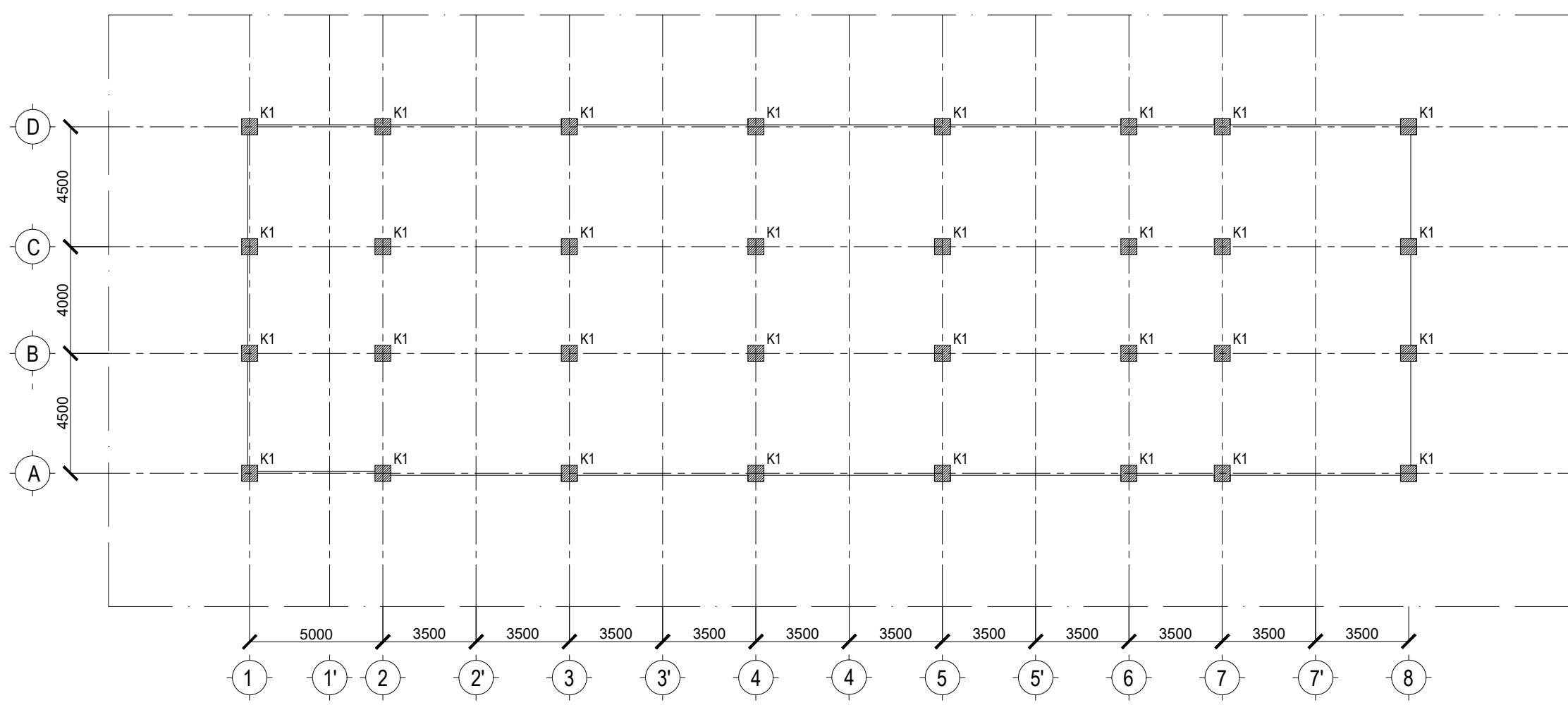
1 : 200

KODE

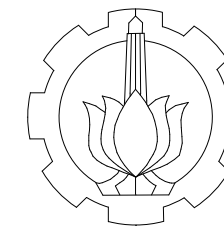
NOMOR GAMBAR

STR

17



 DENAH KOLOM  
LT. 1-9  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI 10

CATATAN

SKALA

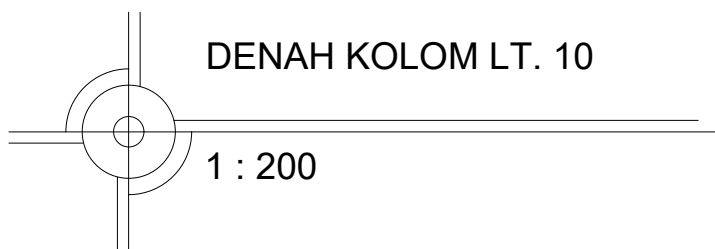
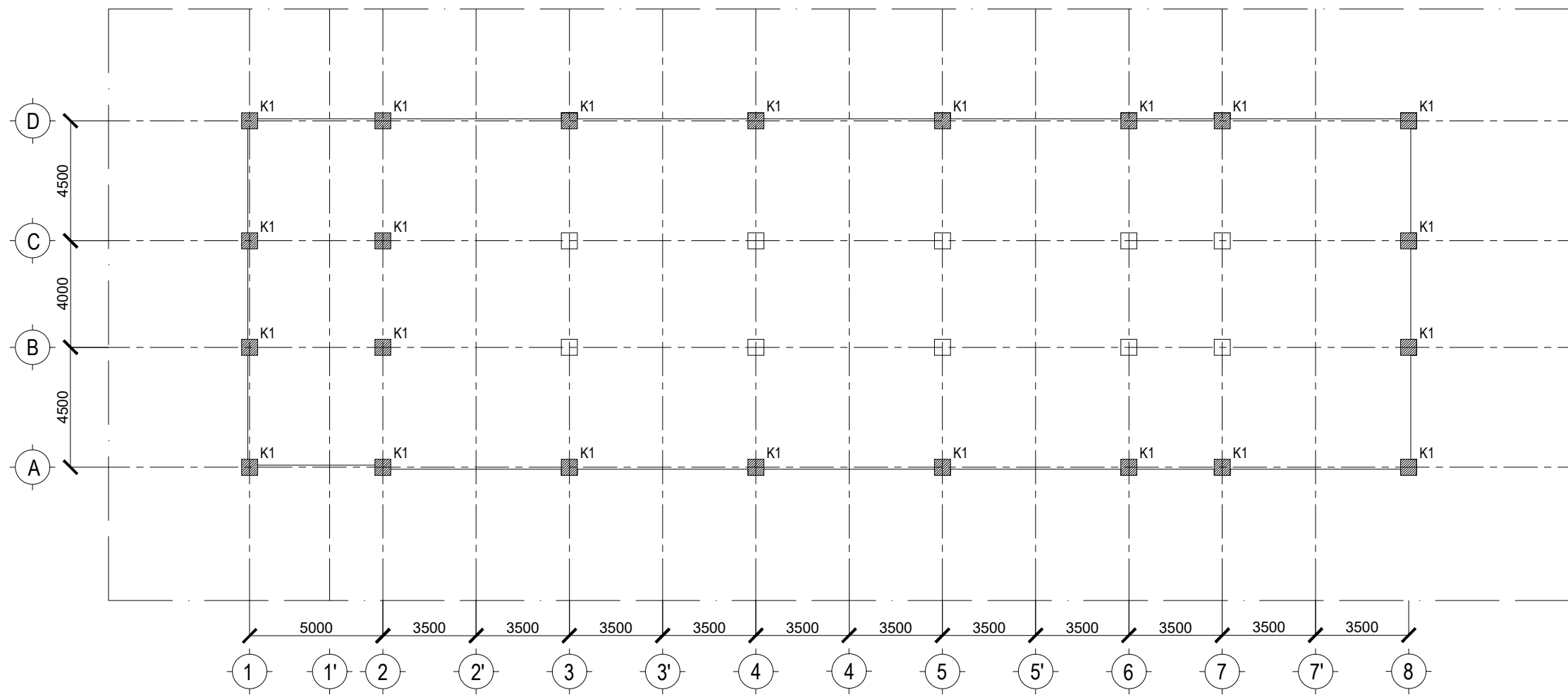
1 : 200

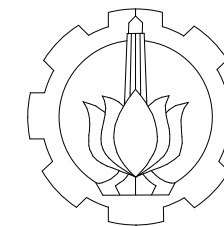
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

18





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI ATAP

CATATAN

SKALA

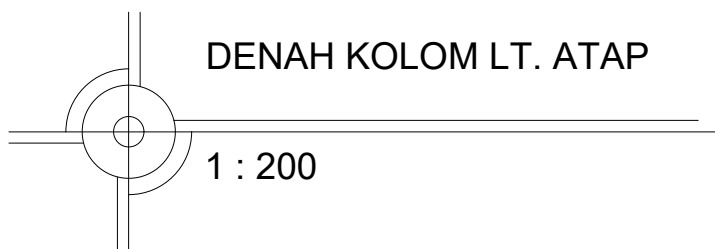
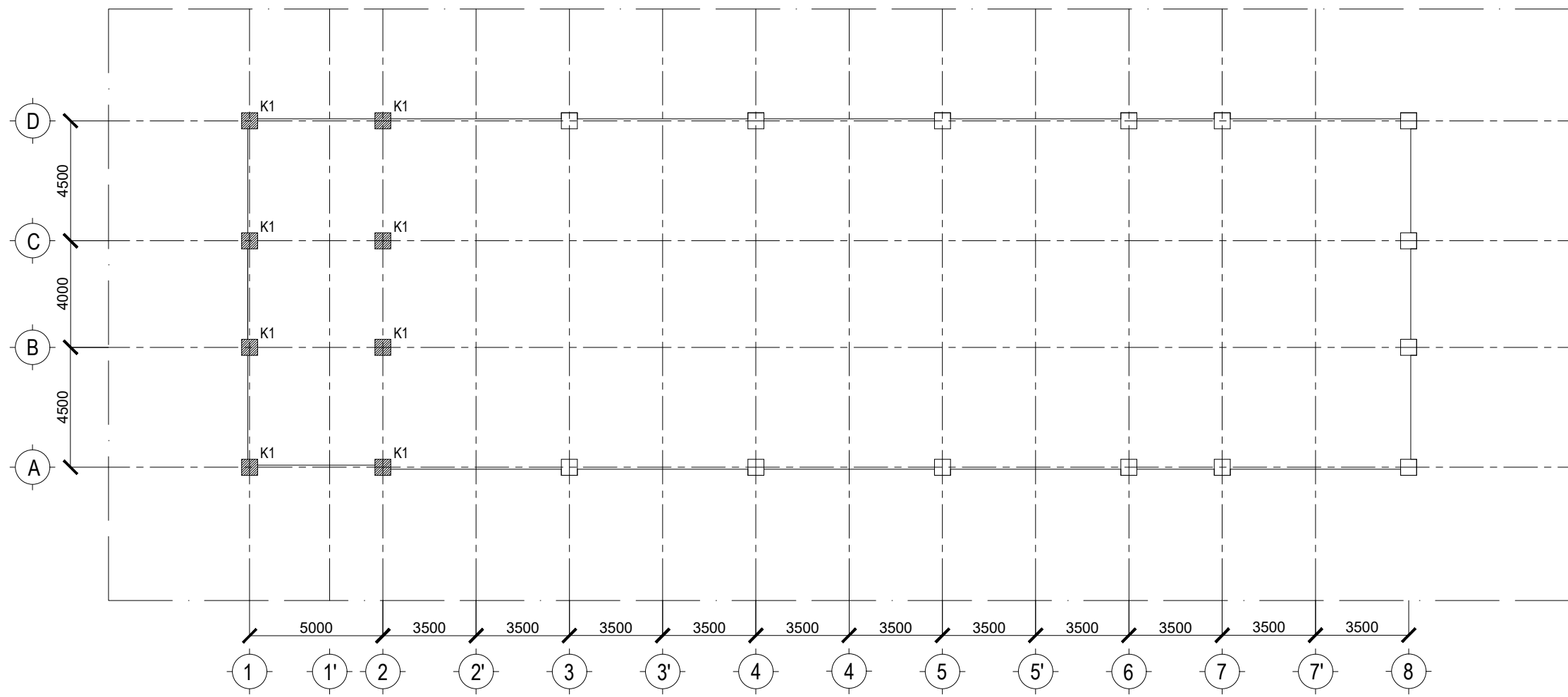
1 : 200

KODE

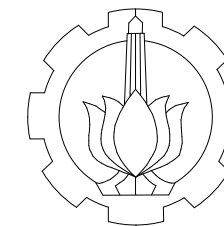
NOMOR GAMBAR

STR

19







DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 2

CATATAN

SKALA

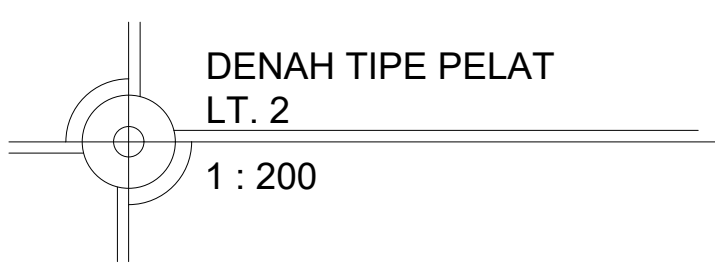
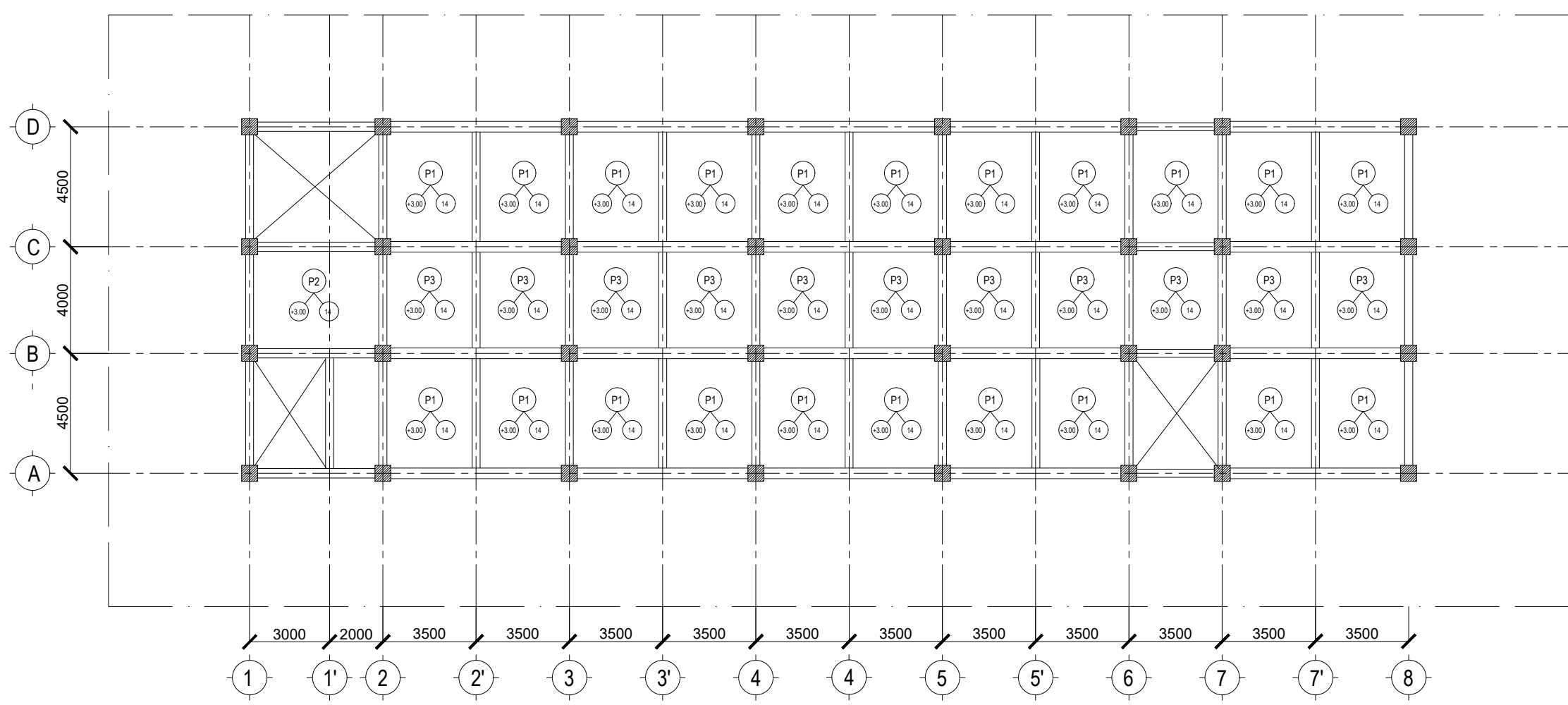
1 : 200

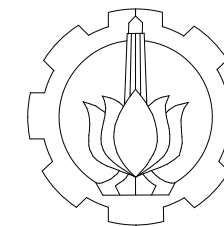
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

20





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 3

CATATAN

SKALA

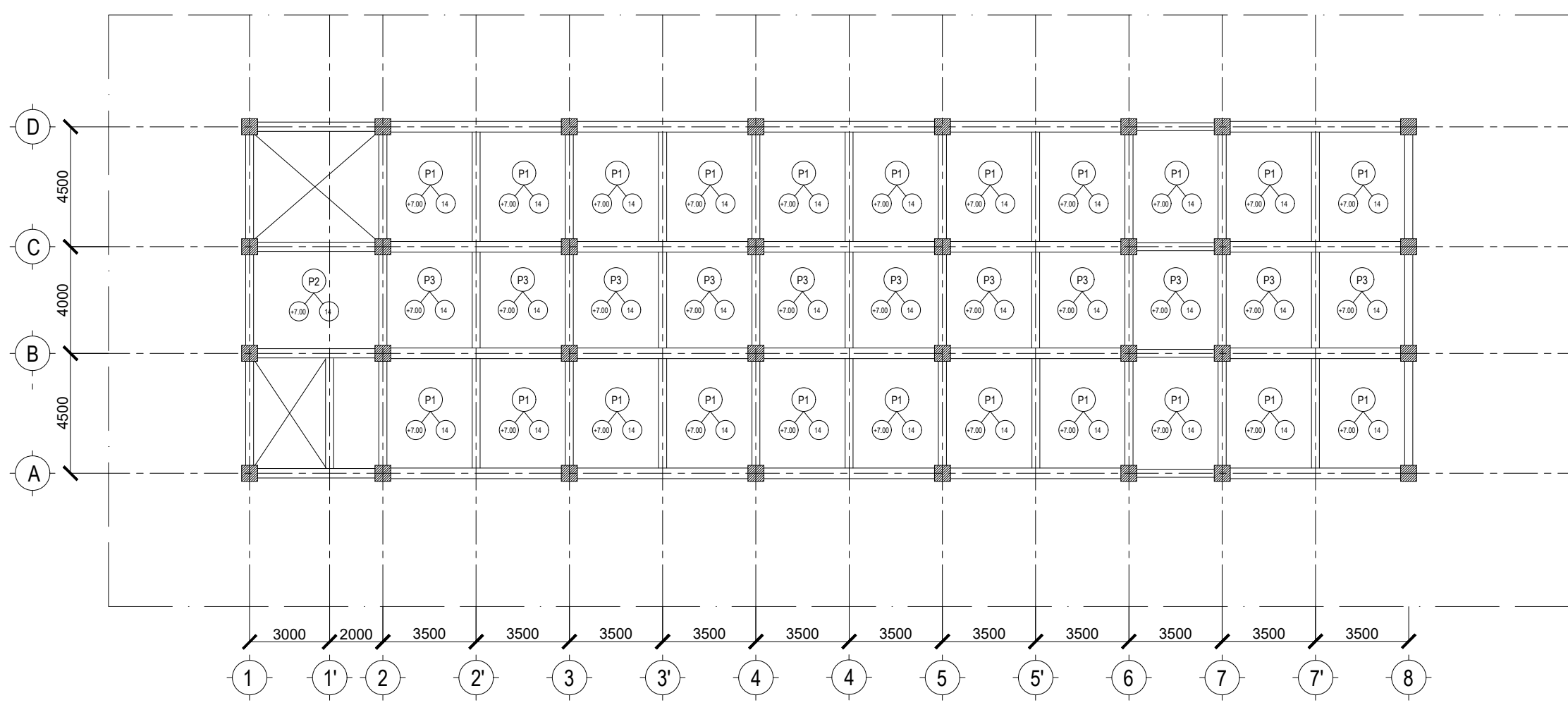
1 : 200

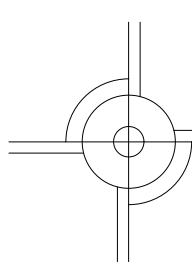
KODE

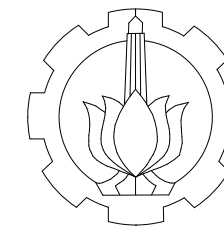
NOMOR GAMBAR

STR

21



 DENAH TIPE PELAT  
LT. 3  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 4

CATATAN

SKALA

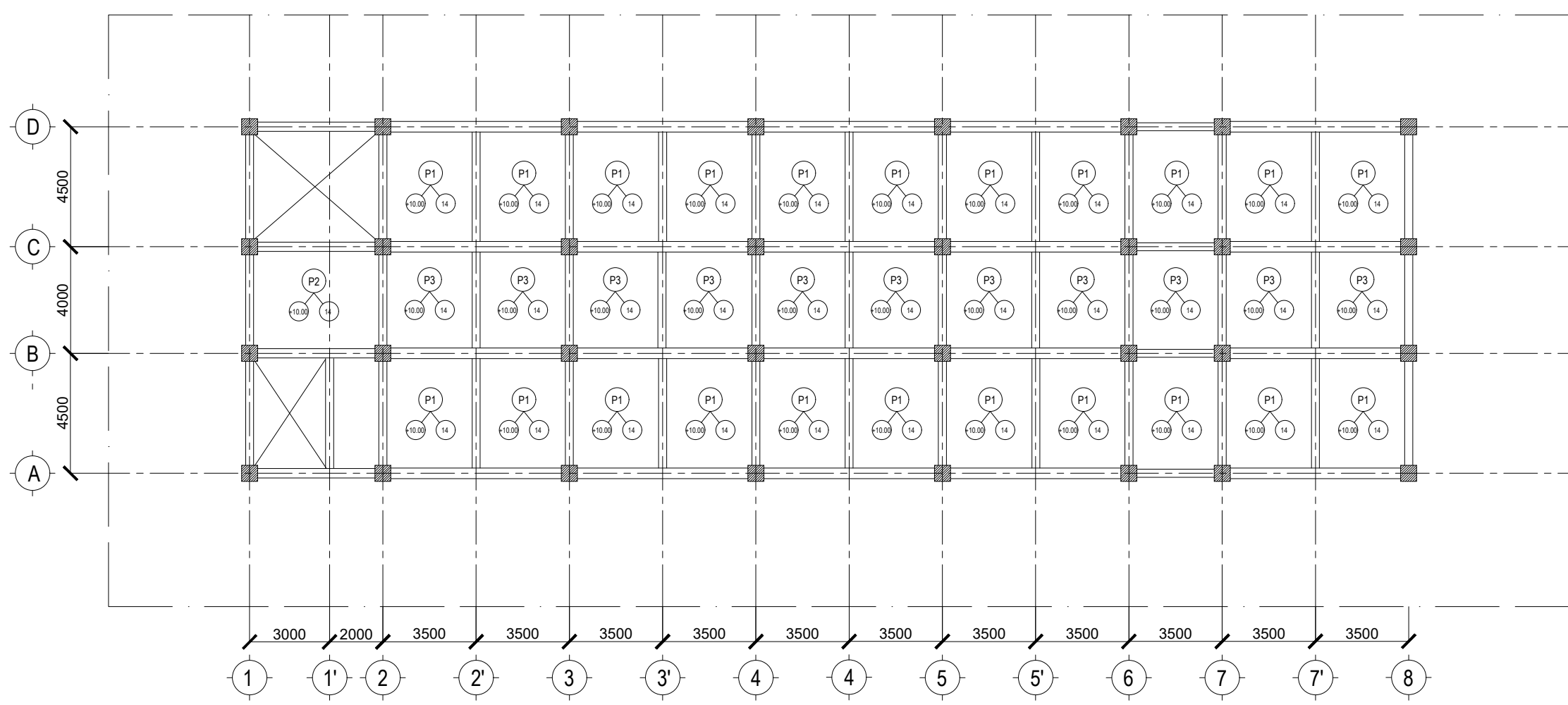
1 : 200

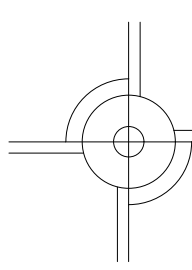
KODE

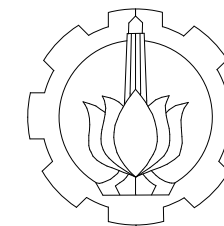
NOMOR GAMBAR

STR

22



 DENAH TIPE PELAT  
LT. 4  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 5

CATATAN

SKALA

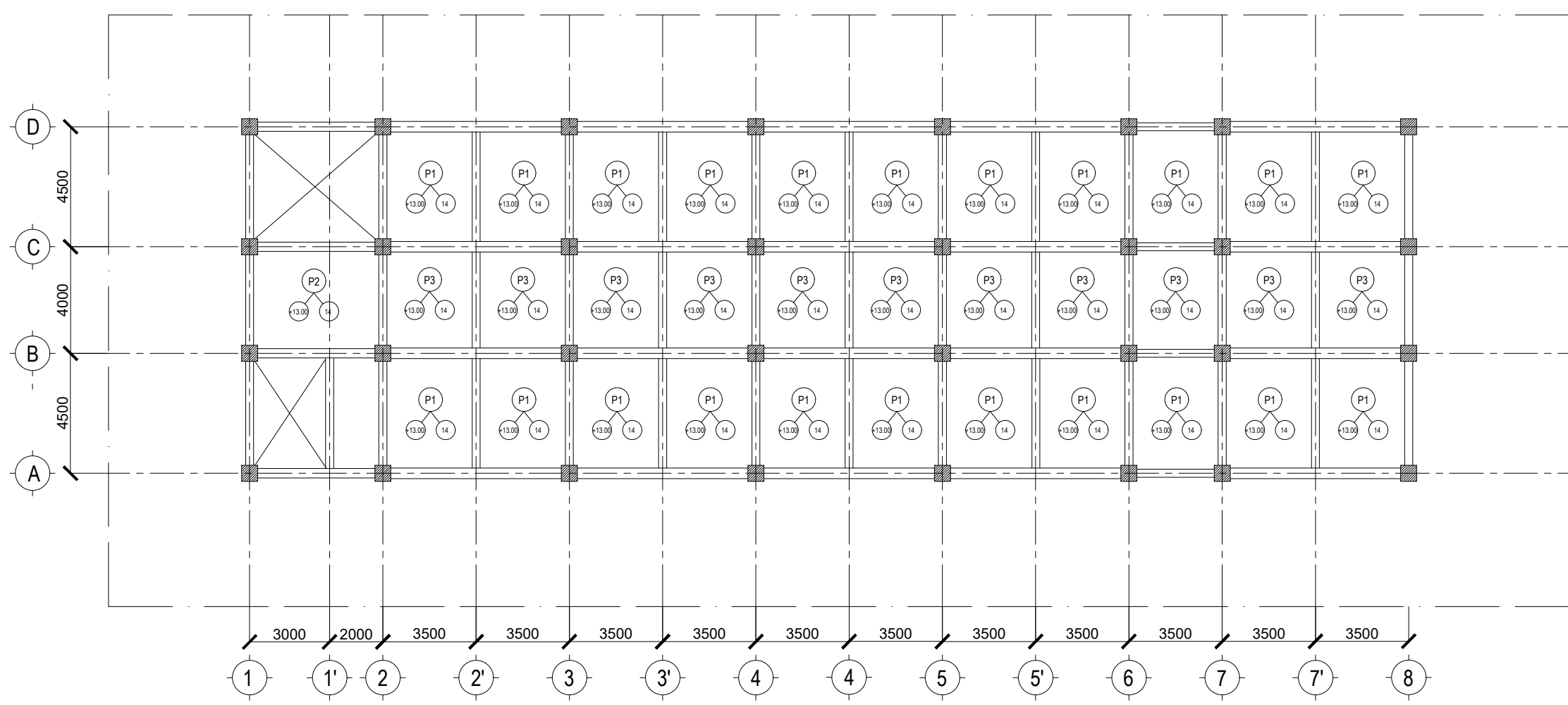
1 : 200

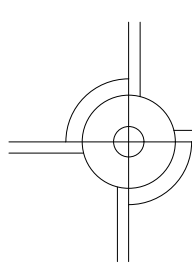
KODE

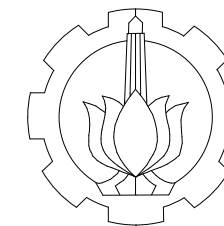
NOMOR GAMBAR

STR

23



 DENAH TIPE PELAT  
LT. 5  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 6

CATATAN

SKALA

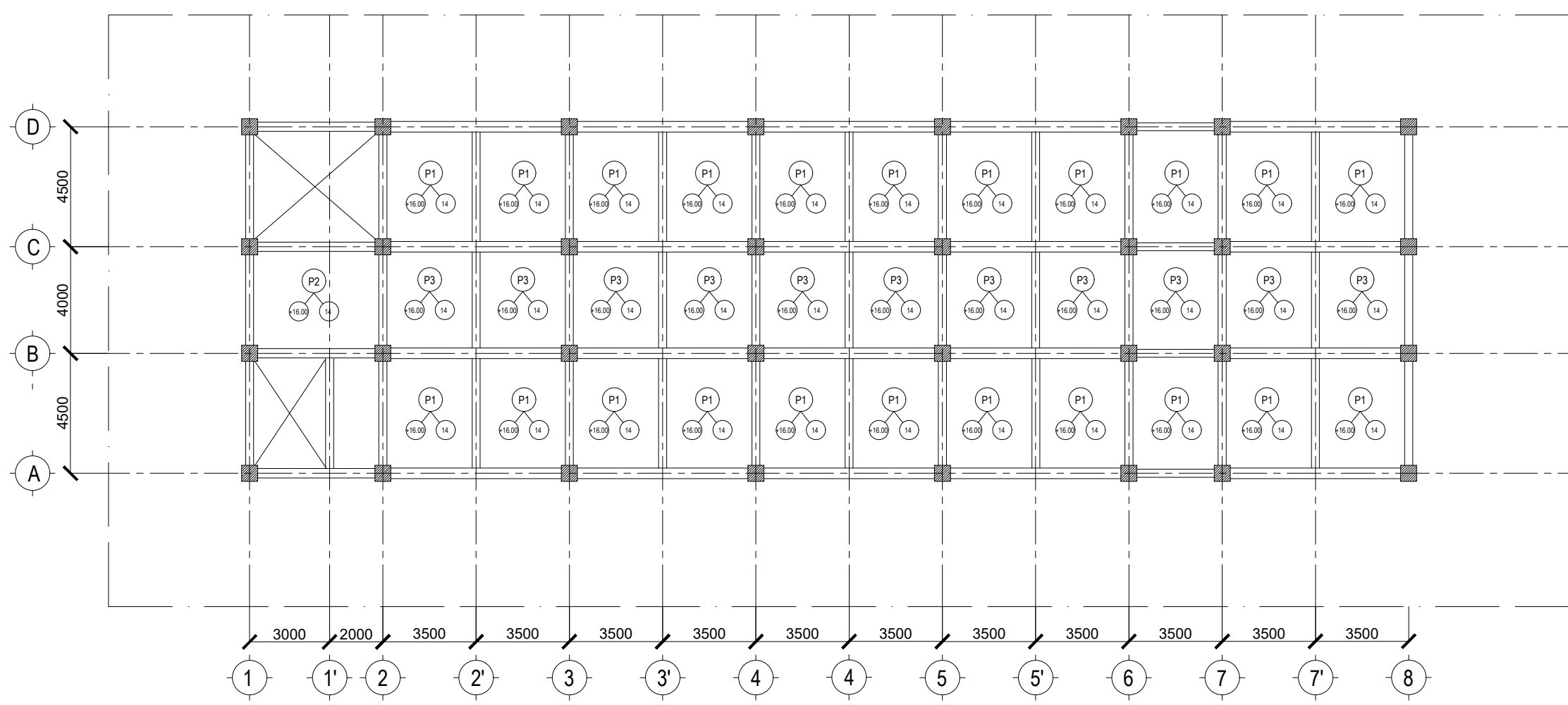
1 : 200

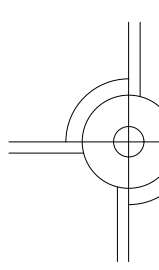
KODE

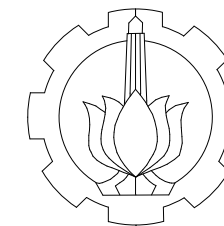
NOMOR GAMBAR

STR

24



 DENAH TIPE PELAT  
LT. 6  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 7

CATATAN

SKALA

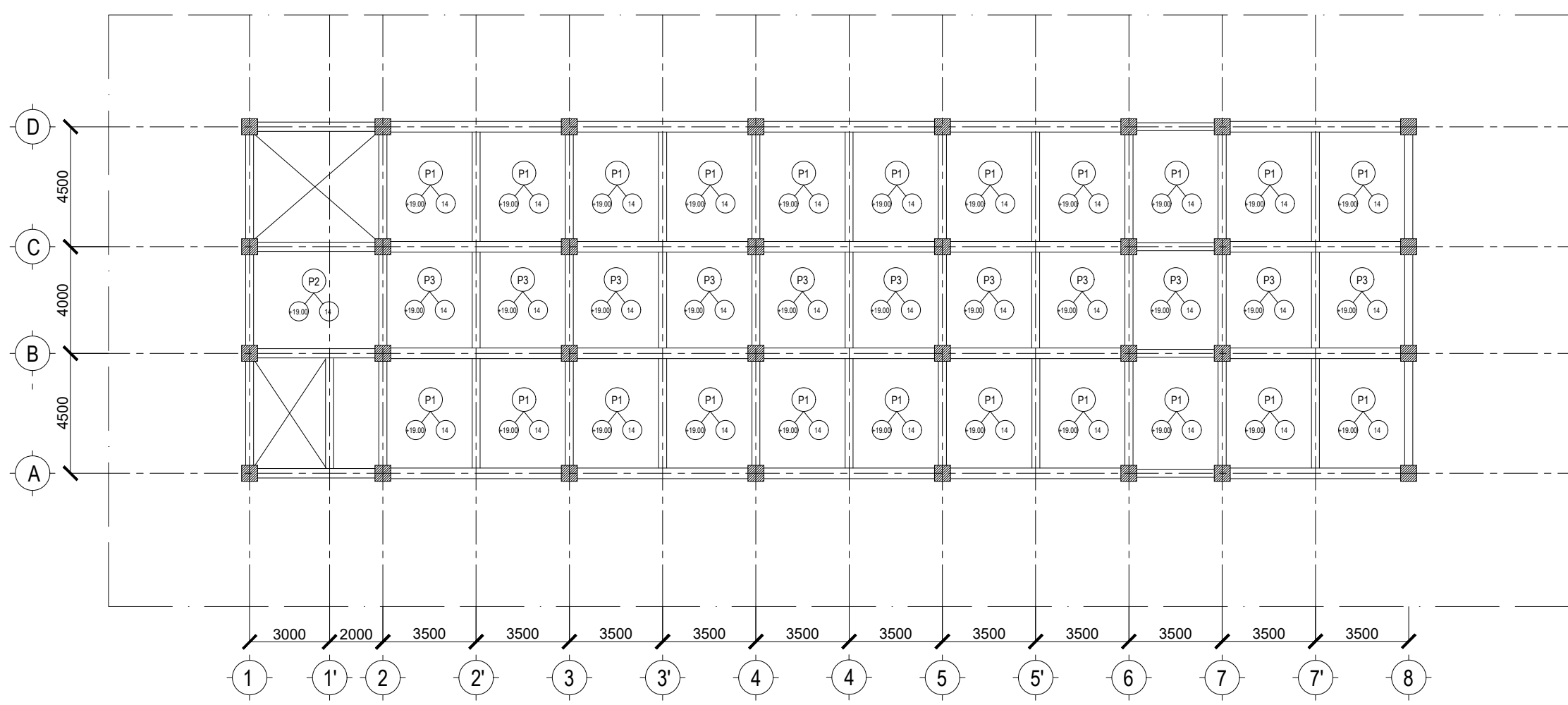
1 : 200

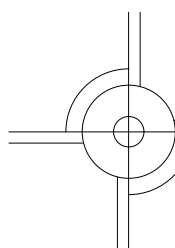
KODE

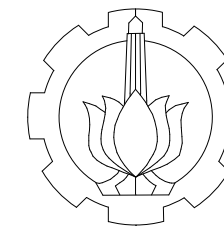
NOMOR GAMBAR

STR

25



 DENAH TIPE PELAT  
LT. 7  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 8

CATATAN

SKALA

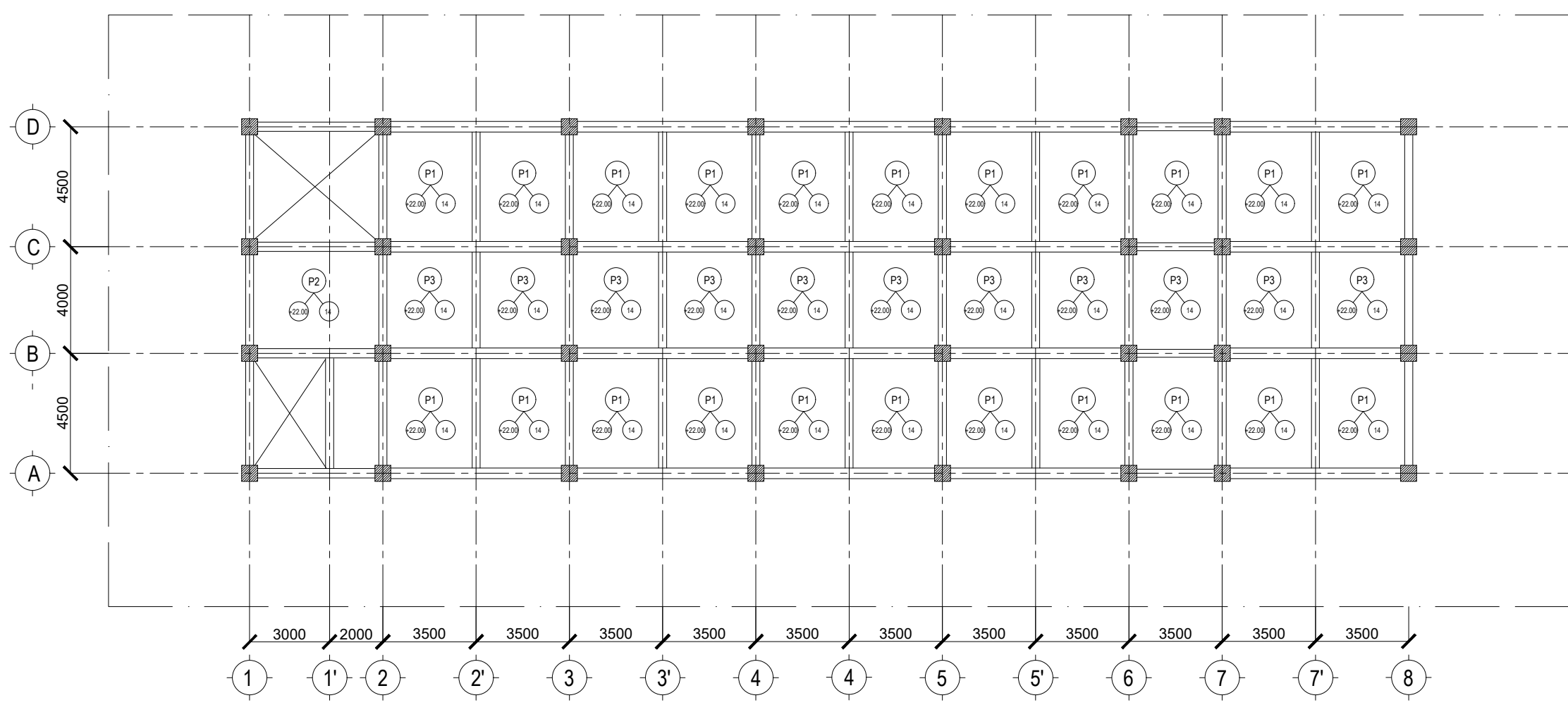
1 : 200

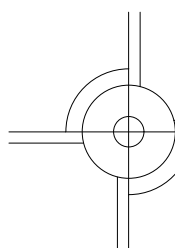
KODE

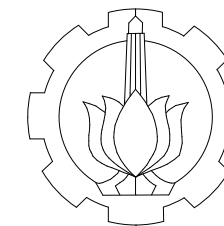
NOMOR GAMBAR

STR

26



 DENAH TIPE PELAT  
LT. 8  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 9

CATATAN

SKALA

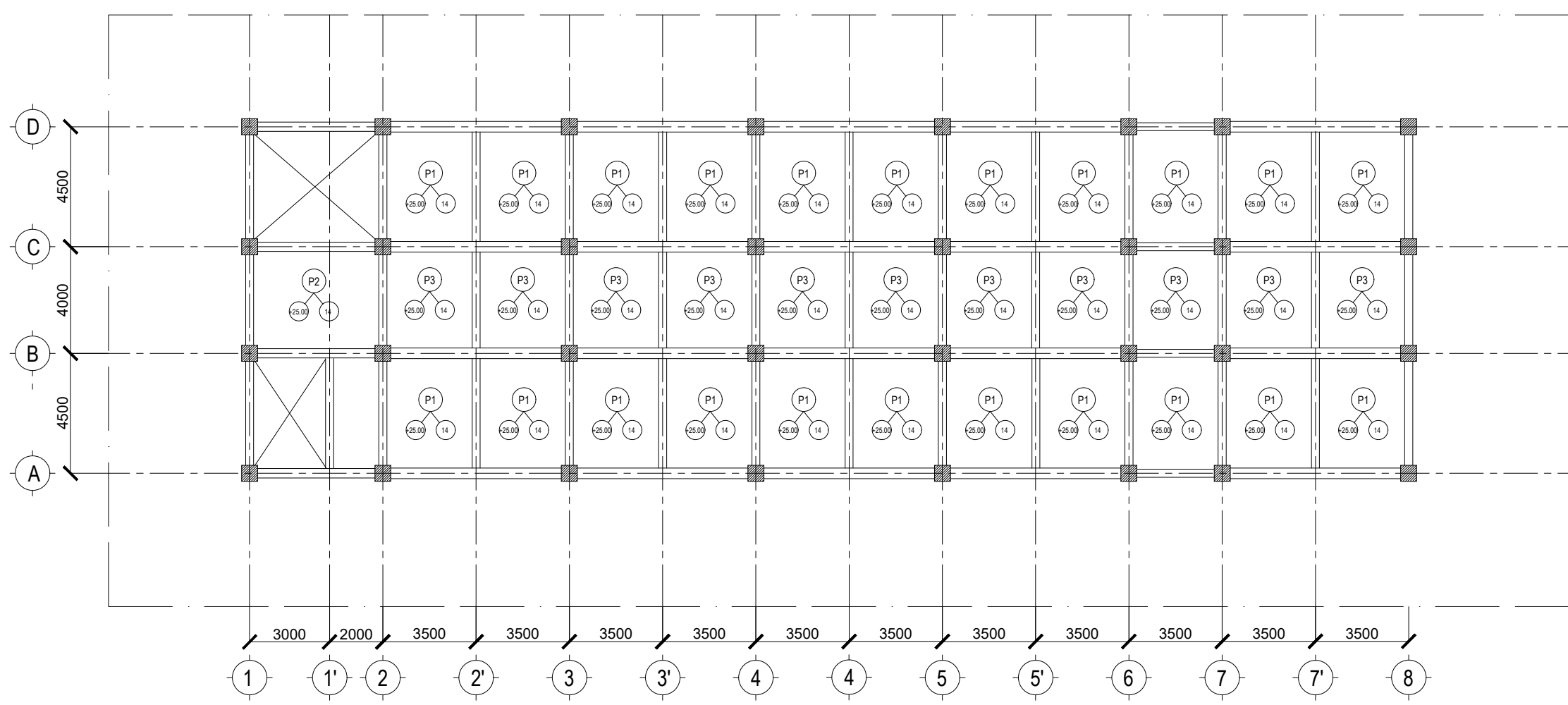
1 : 200

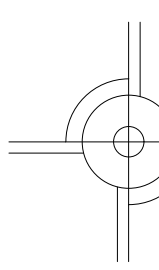
KODE

NOMOR GAMBAR

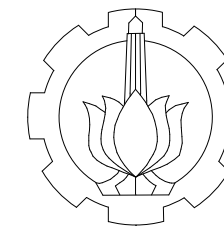
STR

27



 DENAH TIPE PELAT  
LT. 9  
1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 10

CATATAN

SKALA

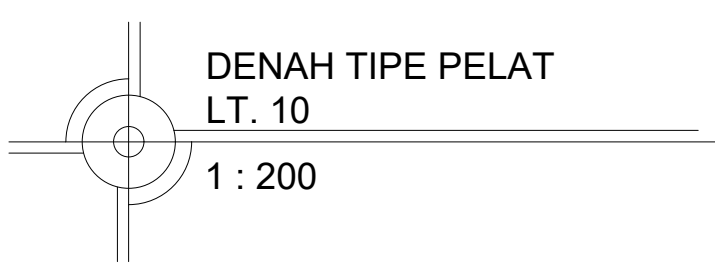
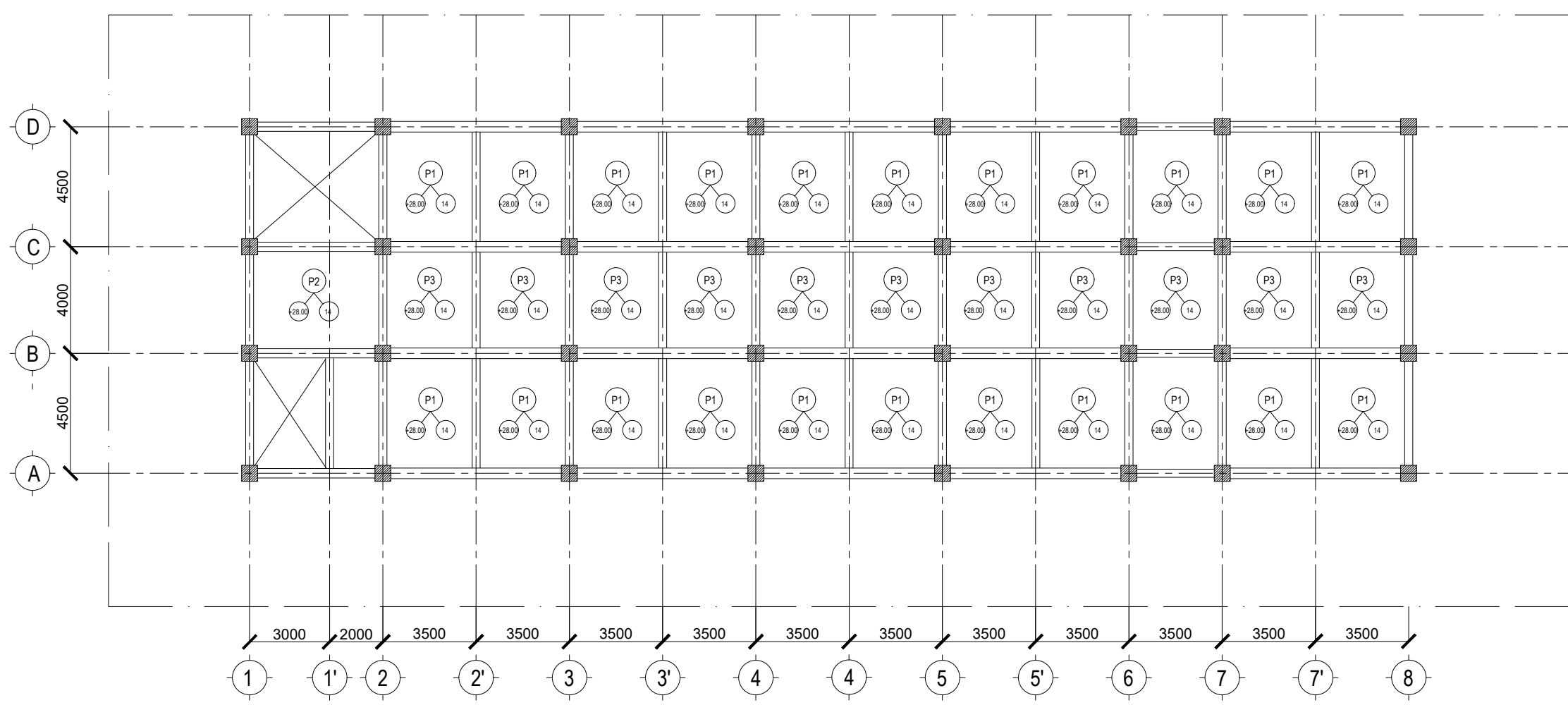
1 : 200

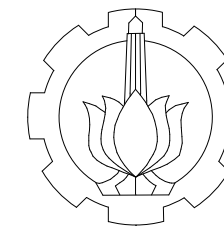
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

28





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI ATAP

CATATAN

SKALA

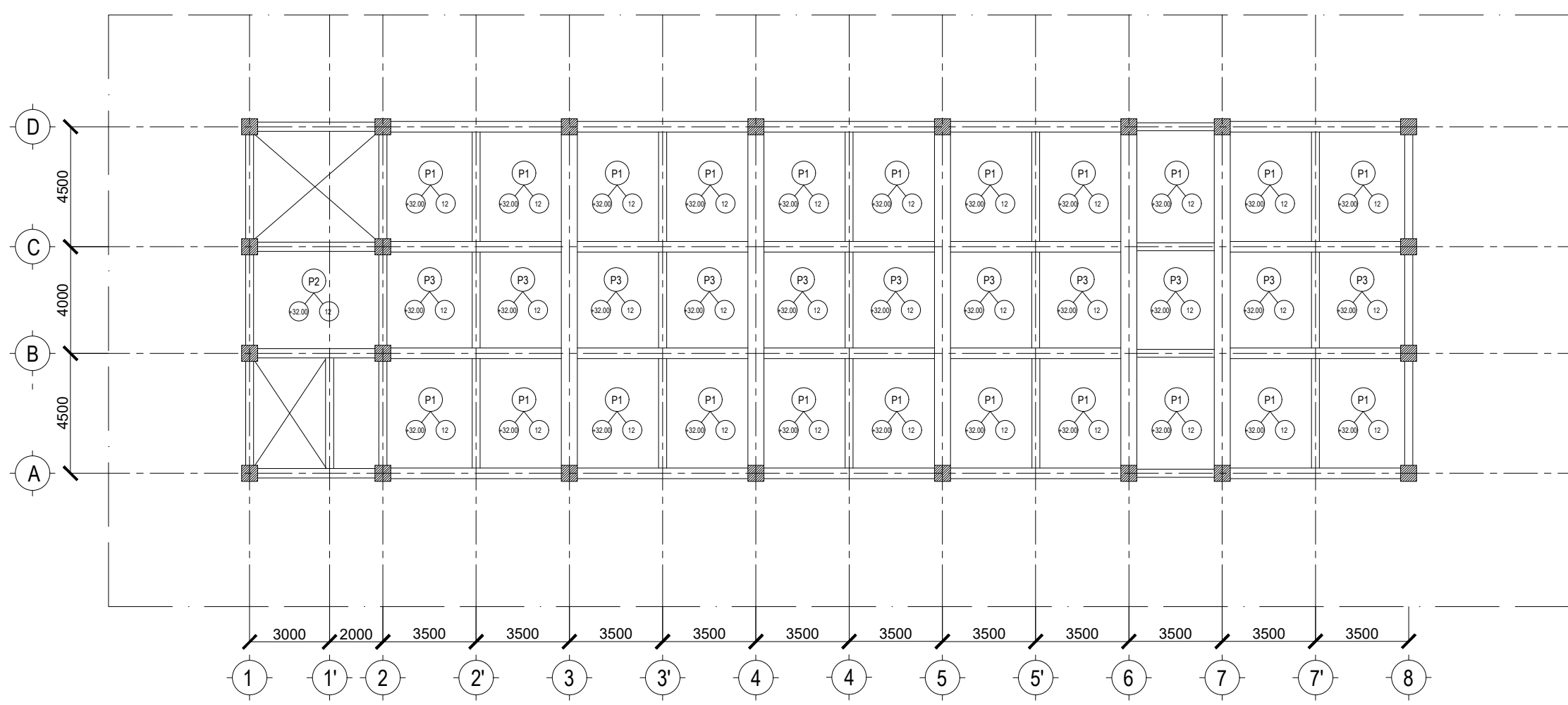
1 : 200

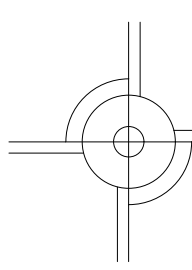
KODE

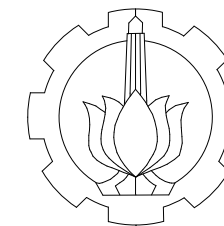
NOMOR GAMBAR

STR

29



 DENAH TIPE PELAT  
LT. ATAP  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT ATAP  
RUMAH LIFT

CATATAN

SKALA

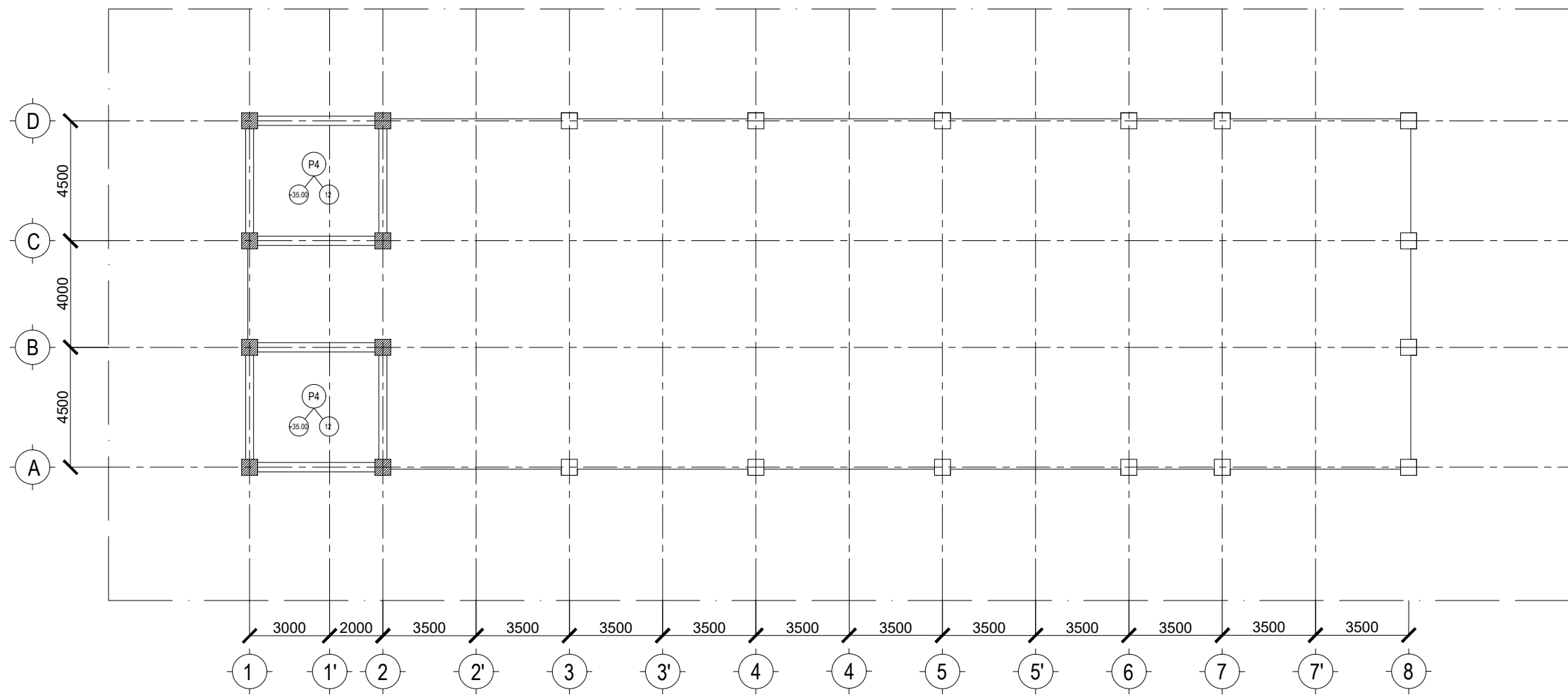
1 : 200

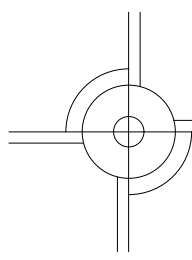
KODE

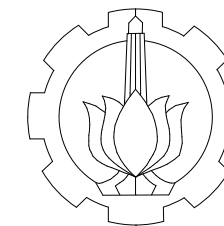
NOMOR GAMBAR

STR

30



 DENAH TIPE PELAT  
ATAP RUMAH LIFT  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

RESUME  
PENULANGAN BALOK

CATATAN

SKALA

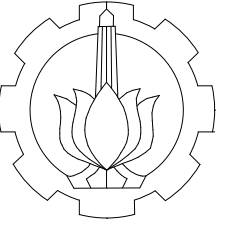
1 : 20

KODE      NOMOR GAMBAR

STR

31

TIPE	B1 (L=7m)		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
DETAIL			
TUL. ATAS	5D22	2D22	5D22
TUL. BAWAH	3D22	3D22	3D22
TUL. GESER	D13-125	D13-200	D13-125
TUL. TORSI	4D13		
TIPE	B2 (L=5m)		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
DETAIL			
TUL. ATAS	5D22	2D22	5D22
TUL. BAWAH	3D22	2D22	3D22
TUL. GESER	D13-100	D13-200	D13-100
TUL. TORSI	4D13		



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

RESUME  
PENULANGAN BALOK

CATATAN

SKALA

1 : 20

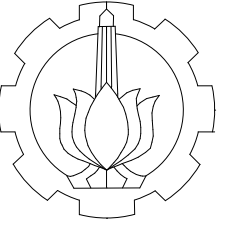
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

32

TIPE	B3 (L=3,5m)		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
DETAIL			
TUL. ATAS	3D22	2D22	3D22
TUL. BAWAH	2D22	2D22	2D22
TUL. GESER	D13-80	D13-150	D13-80
TUL. TORSI	2D13		
TIPE	B4 (L=4,5m)		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
DETAIL			
TUL. ATAS	5D19	2D19	5D19
TUL. BAWAH	3D19	2D19	3D19
TUL. GESER	D13-80	D13-100	D13-80
TUL. TORSI	2D13		



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

RESUME  
PENULANGAN BALOK

CATATAN

SKALA

1 : 20

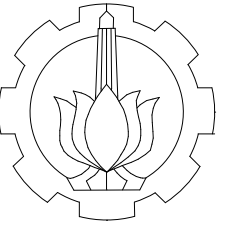
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

33

TIPE	B5 (L=4m)		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
DETAIL			
TUL. ATAS	4D19	2D19	4D19
TUL. BAWAH	2D19	2D19	2D19
TUL. GESER	D13-80	D13-150	D13-80
TUL. TORSI	2D13		
TIPE	BA (L=4,5m)		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
DETAIL			
TUL. ATAS	2D19	2D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	2D19	2D19
TUL. GESER	D10-120	D10-120	D10-120
TUL. TORSI			



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BALOK B1

CATATAN

SKALA

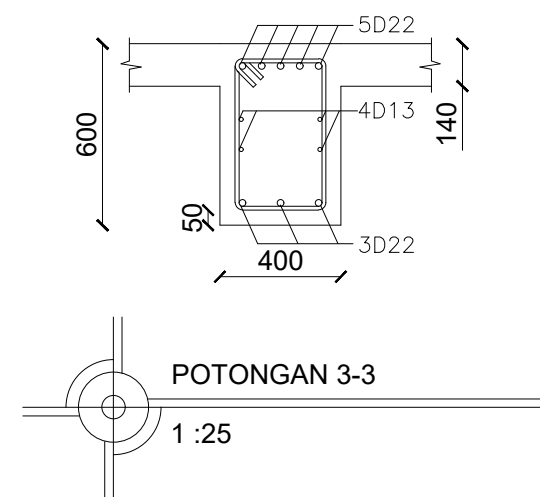
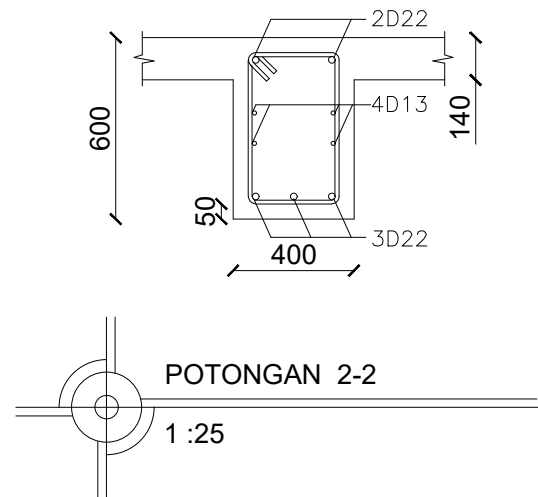
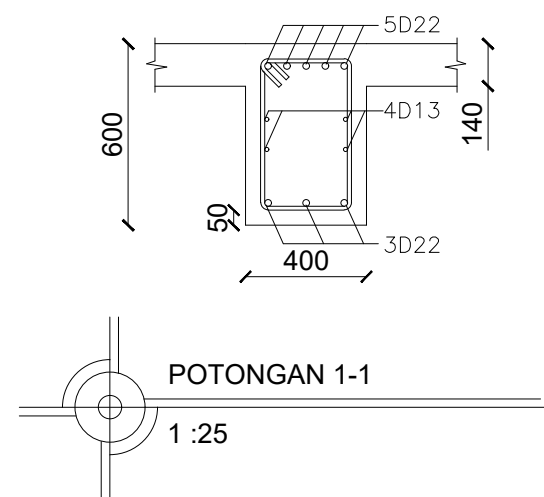
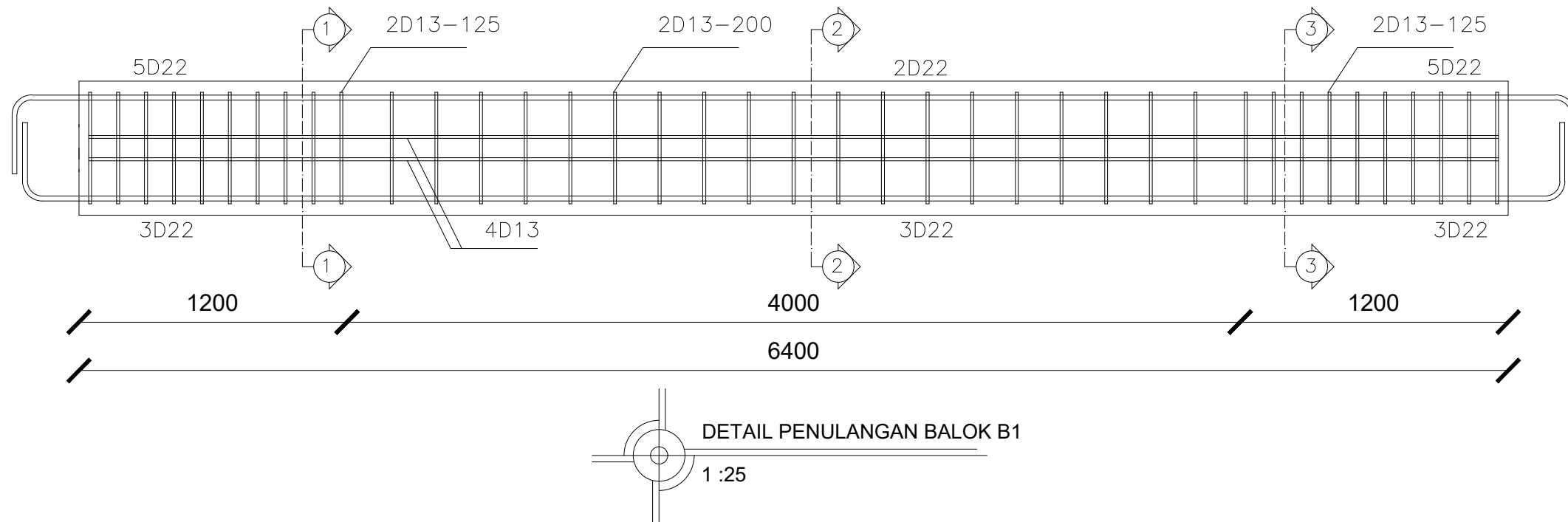
1 : 25

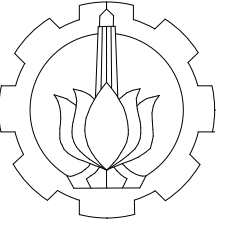
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

34





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BALOK B2

CATATAN

SKALA

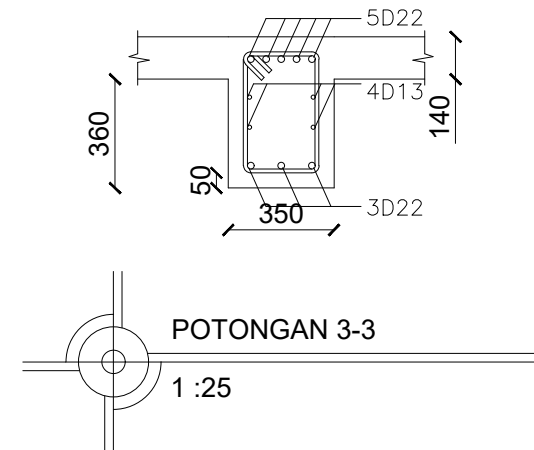
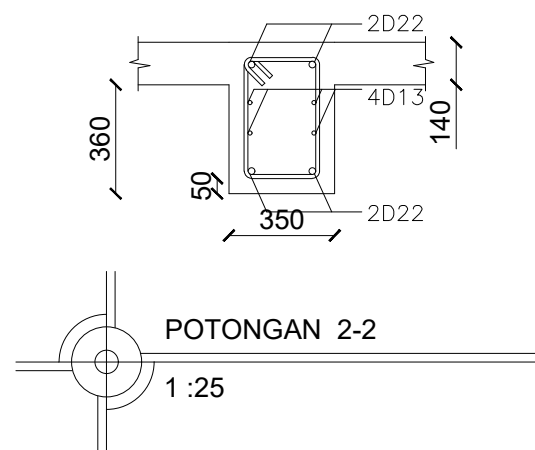
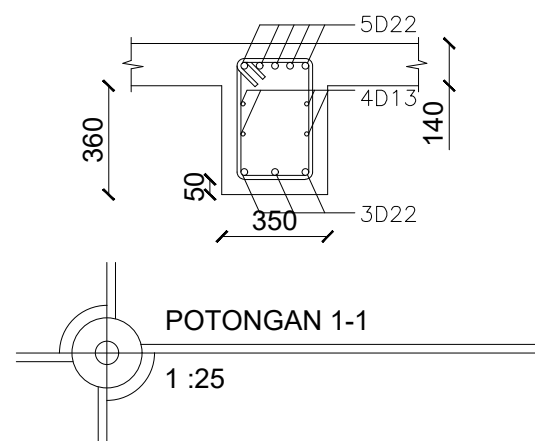
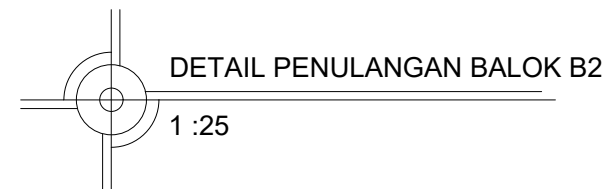
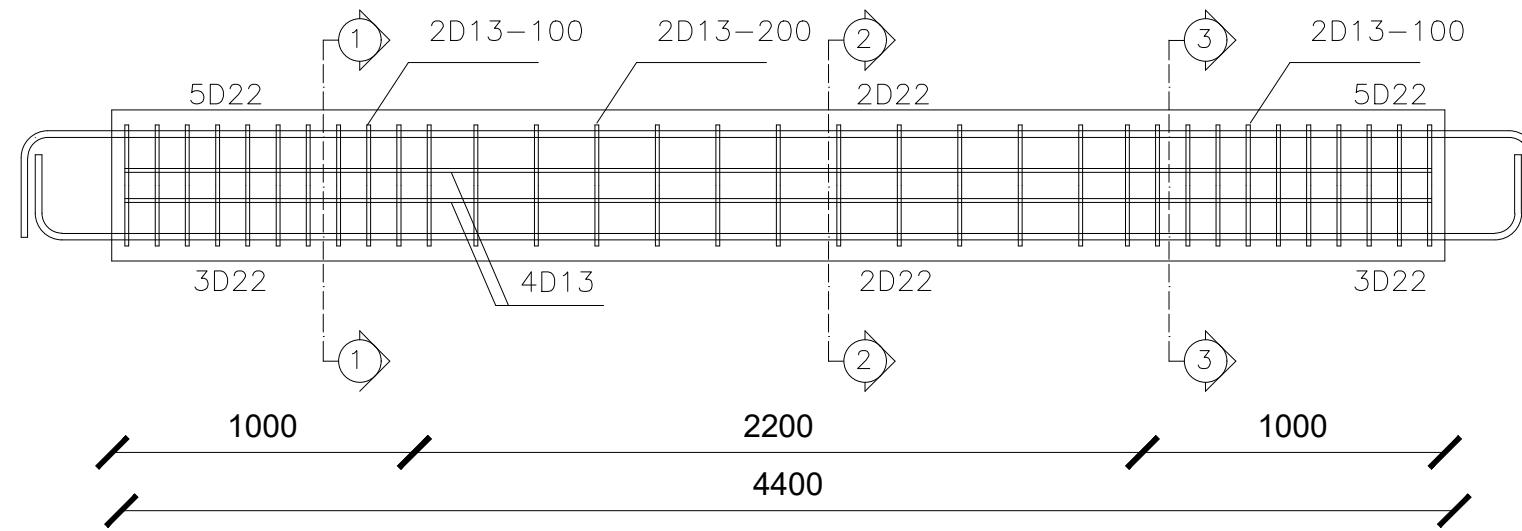
1 : 25

KODE

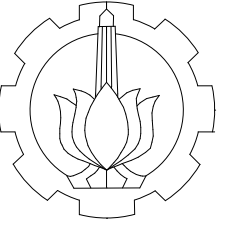
NOMOR GAMBAR

STR

35







DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BALOK B3

CATATAN

SKALA

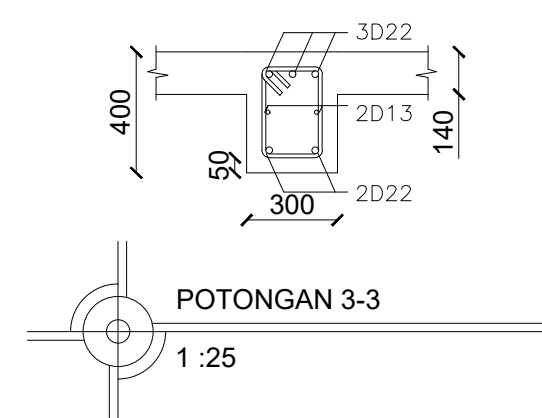
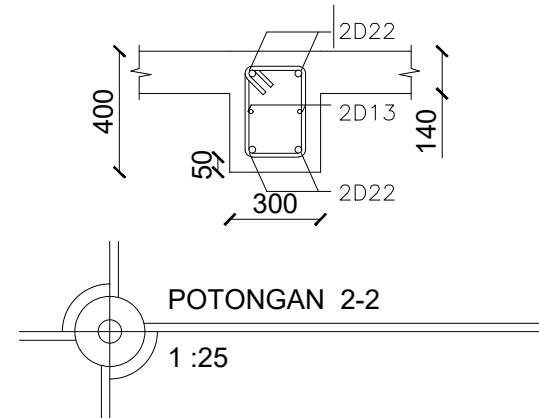
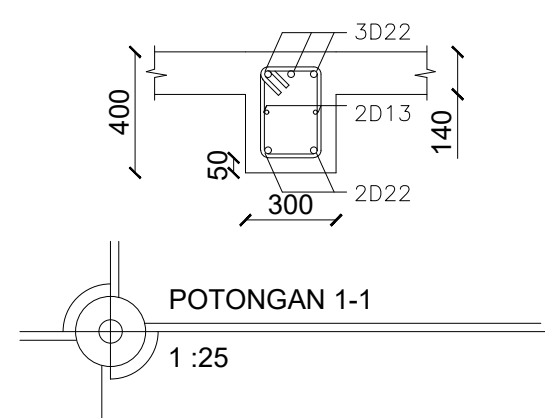
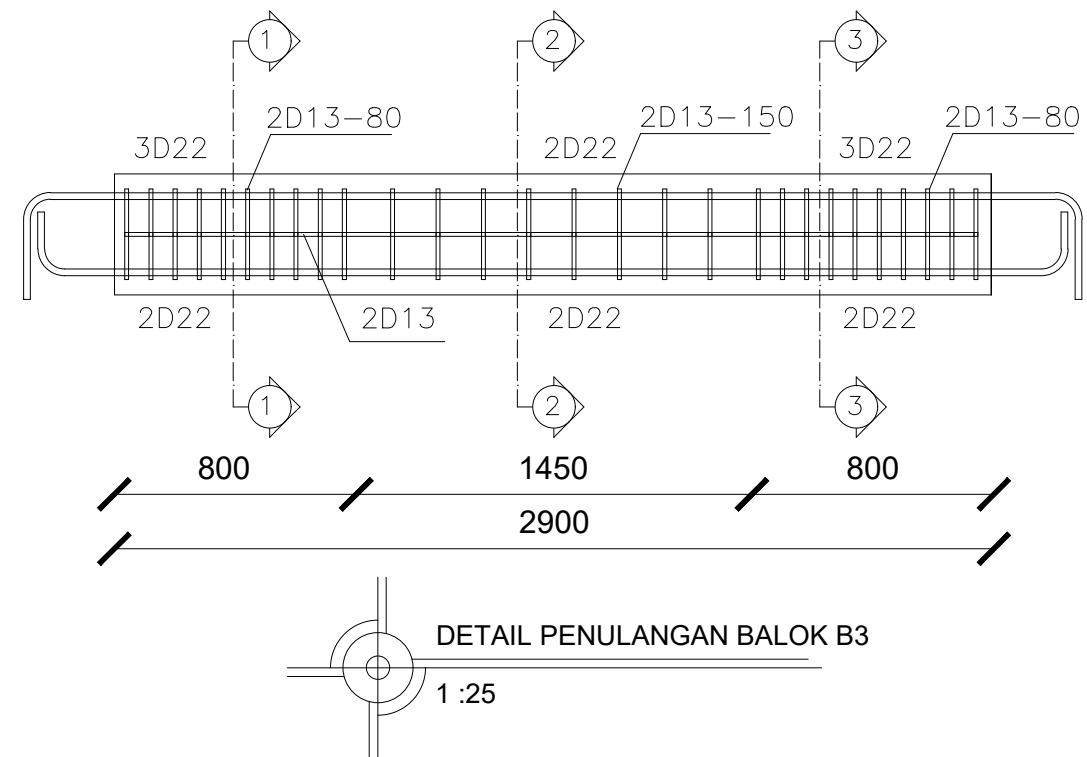
1 : 25

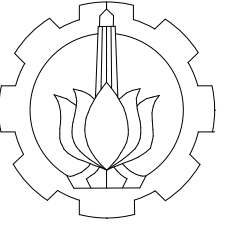
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

36





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BALOK B4

CATATAN

SKALA

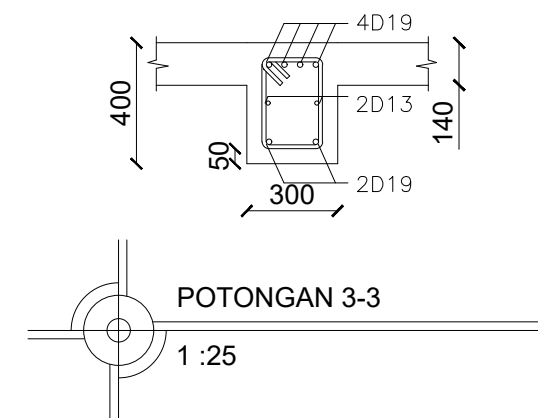
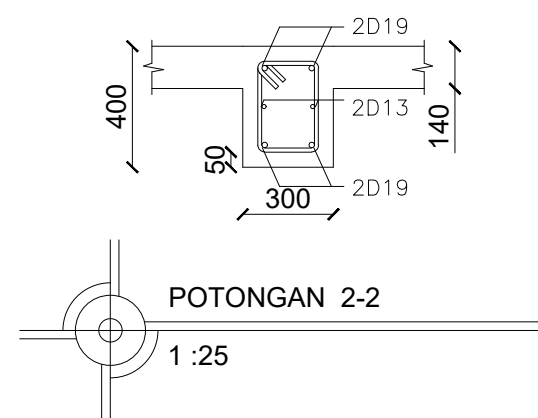
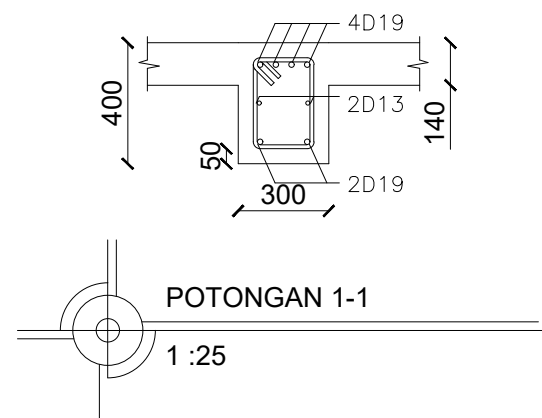
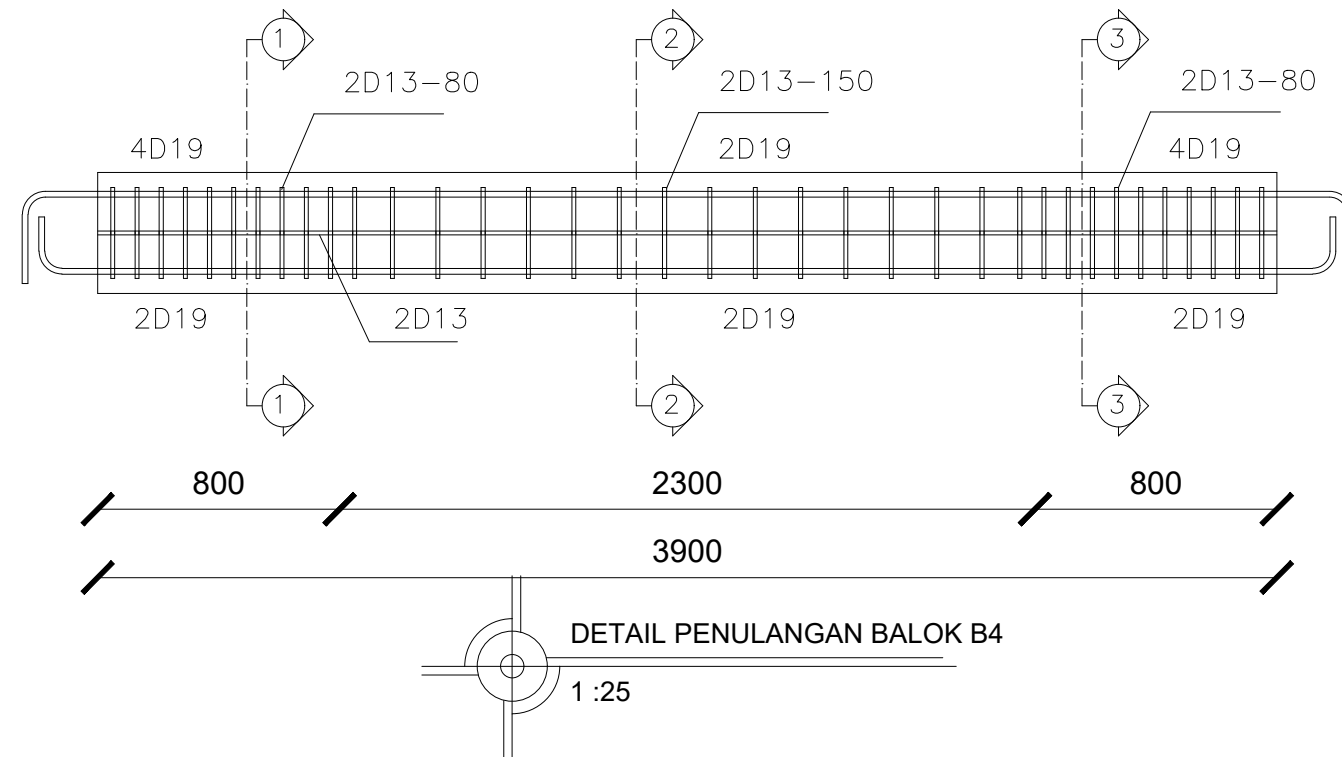
1 : 25

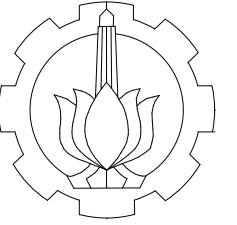
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

37





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BALOK B5

CATATAN

SKALA

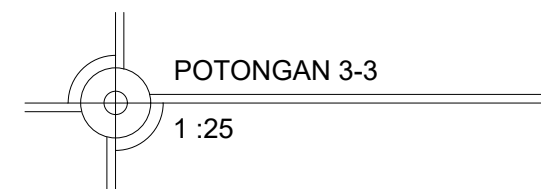
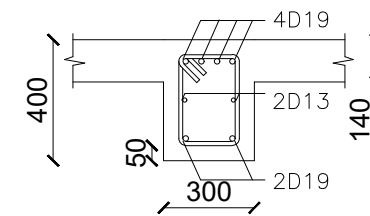
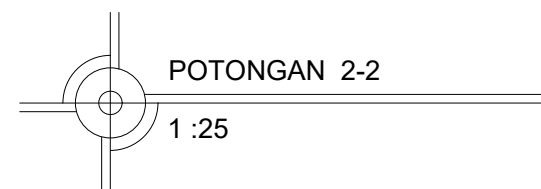
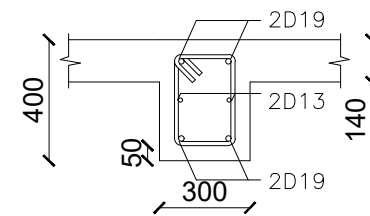
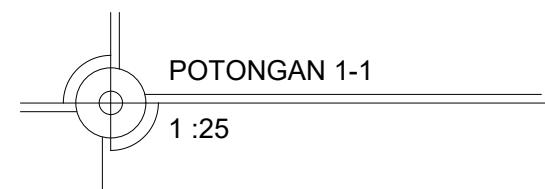
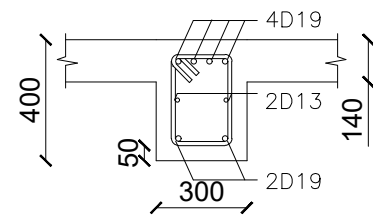
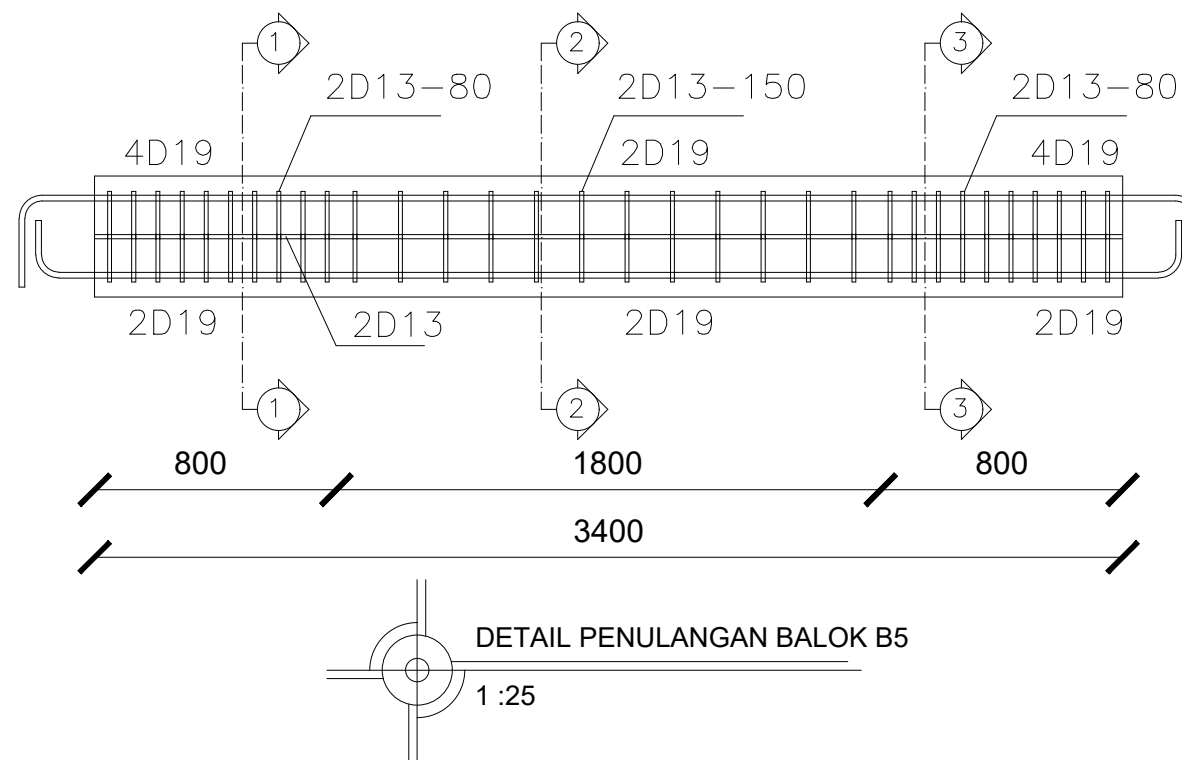
1 : 25

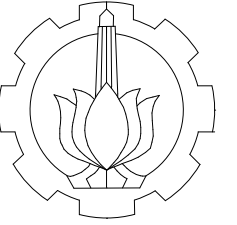
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

38





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BALOK BA

CATATAN

SKALA

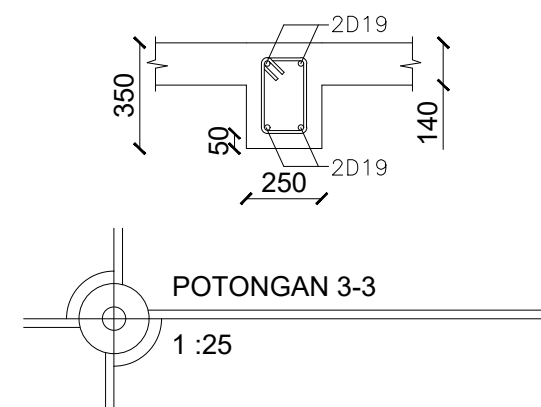
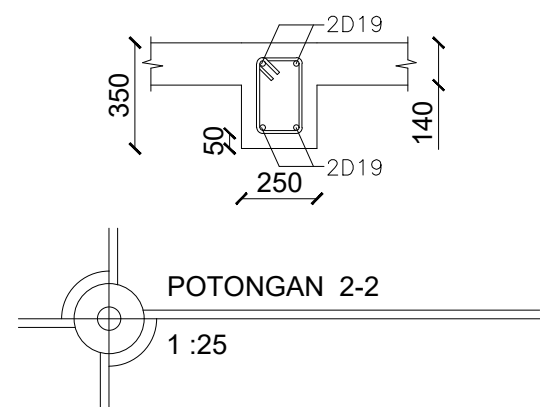
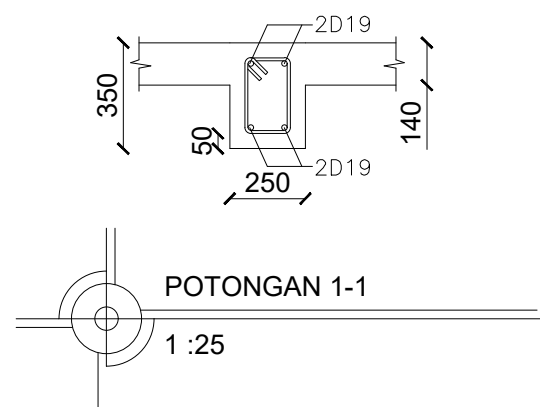
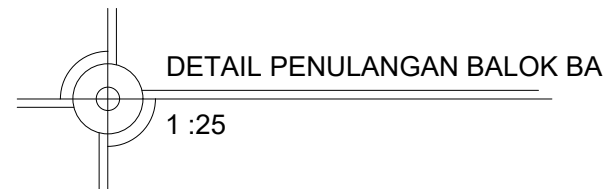
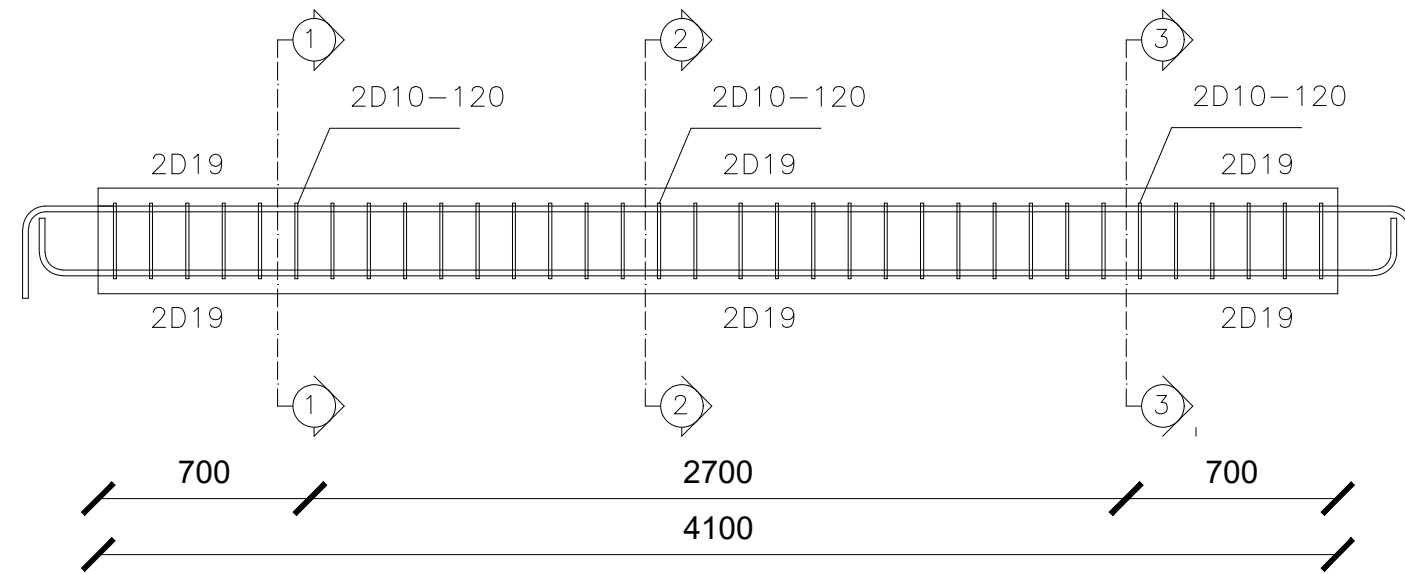
1 : 25

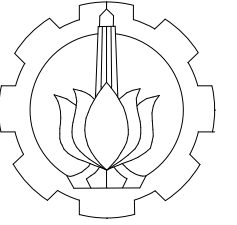
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

39





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN KOLOM K1

CATATAN

SKALA

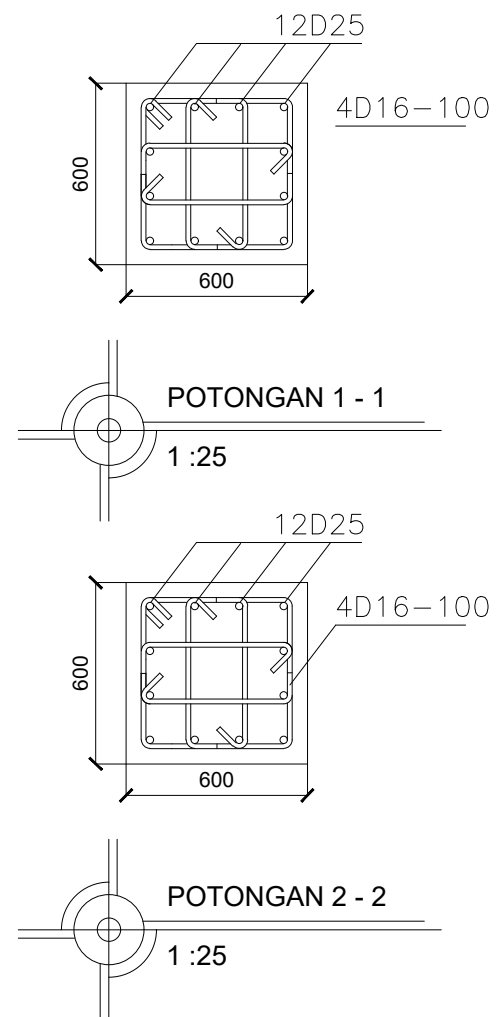
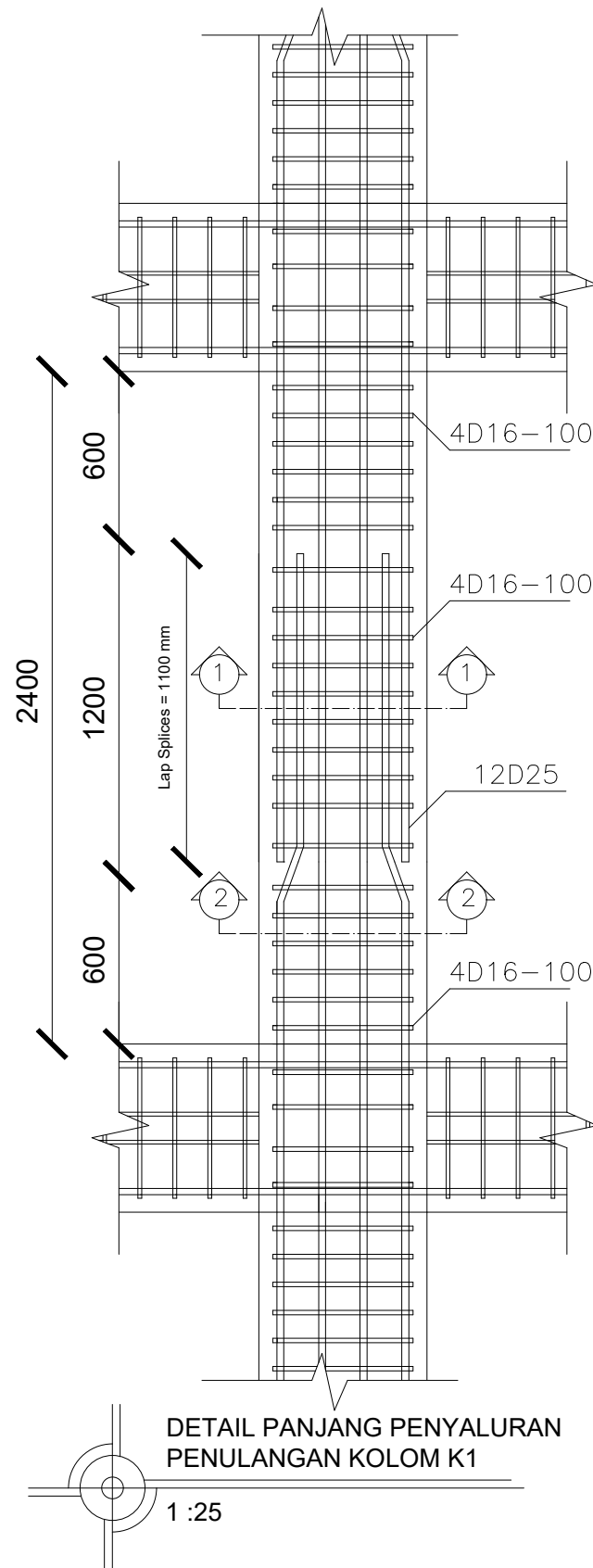
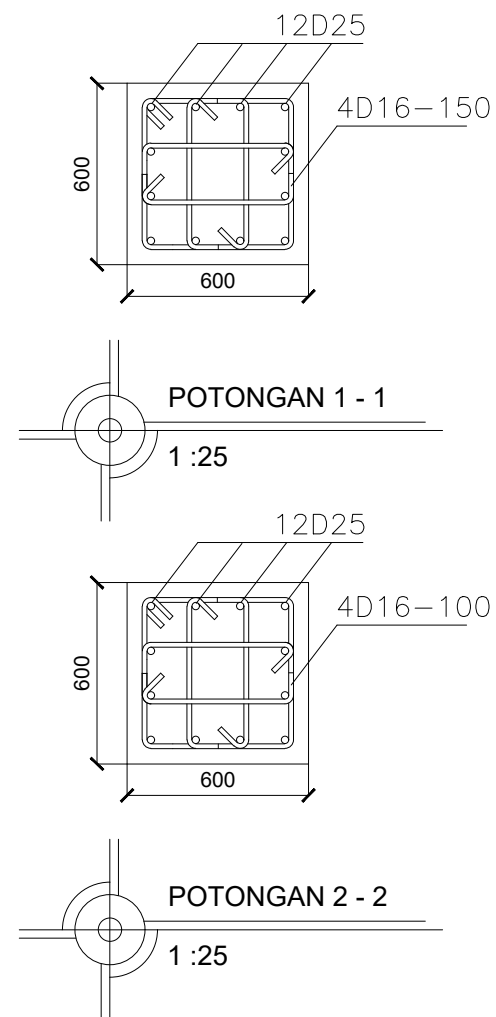
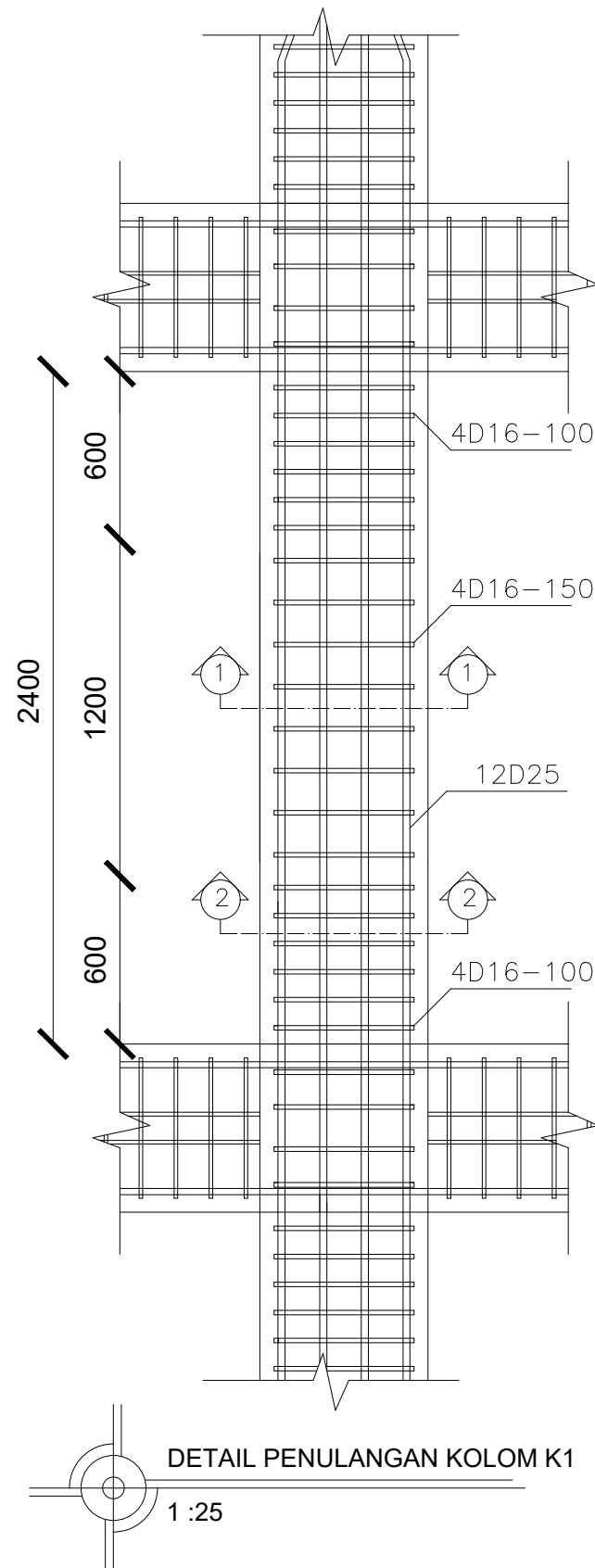
1 : 25

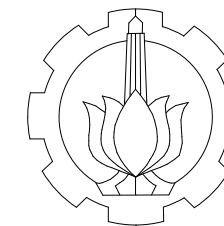
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

40





DEPARTEMEN TEKNIK  
 INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
 DENGAN ELEMEN BALOK  
 PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
 NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
 NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT  
 LANTAI 2

CATATAN

SKALA

1 : 200

KODE

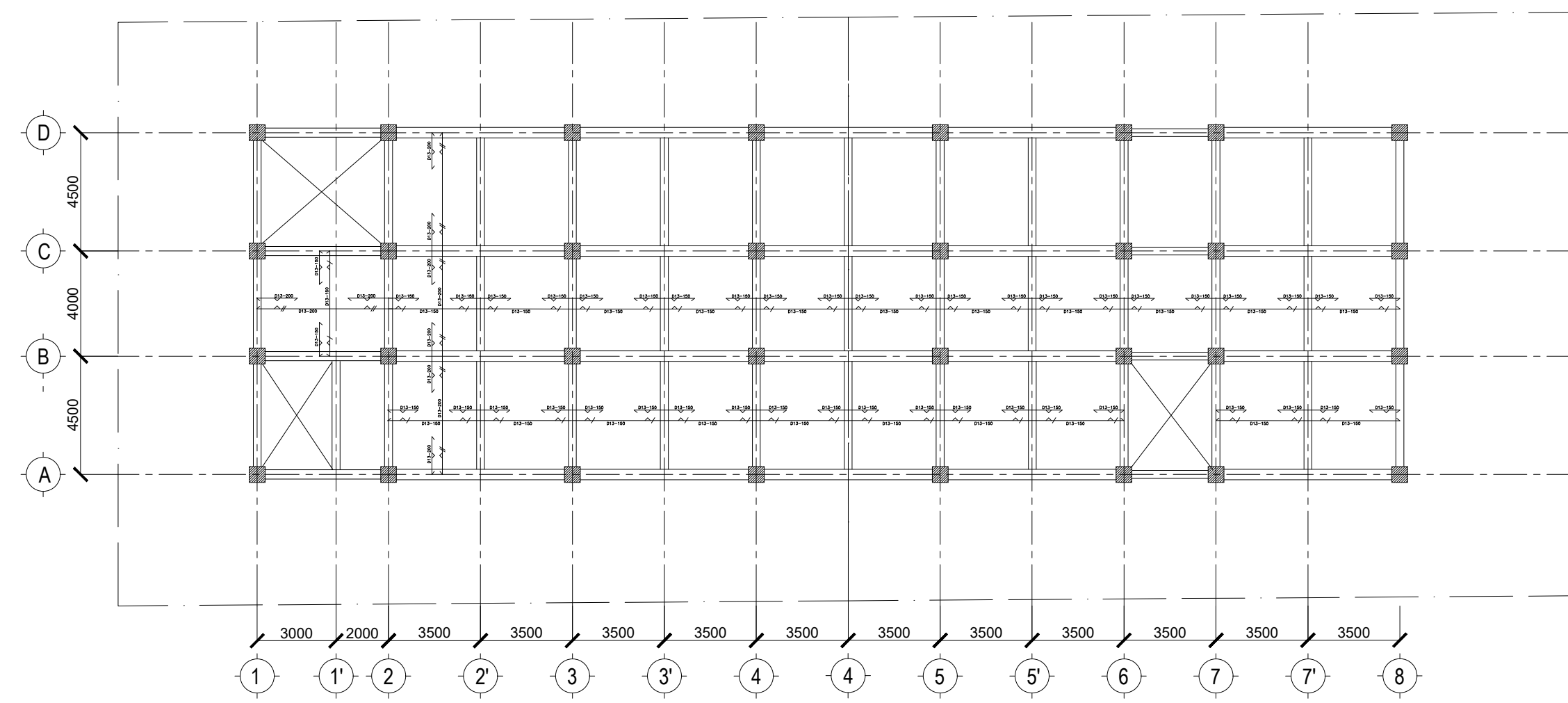
NOMOR GAMBAR

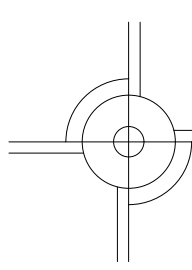
STR

41

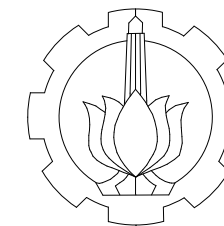
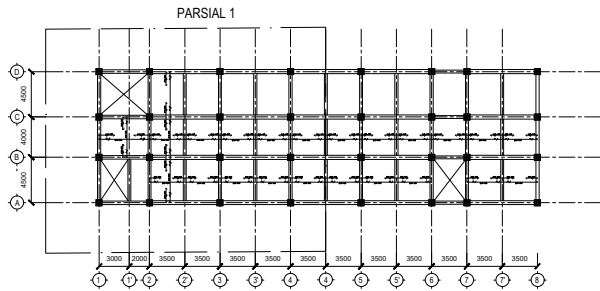
PARSIAL 1

PARSIAL 2



 DENAH PENULANGAN PELAT  
 LT. 2  
 1 : 200

KEYPLAN



DEPARTEMEN TEKNIK  
 INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
 DENGAN ELEMEN BALOK  
 PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
 NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
 NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LANTAI 2  
 (PARSIAL-1)

CATATAN

SKALA

1 : 150

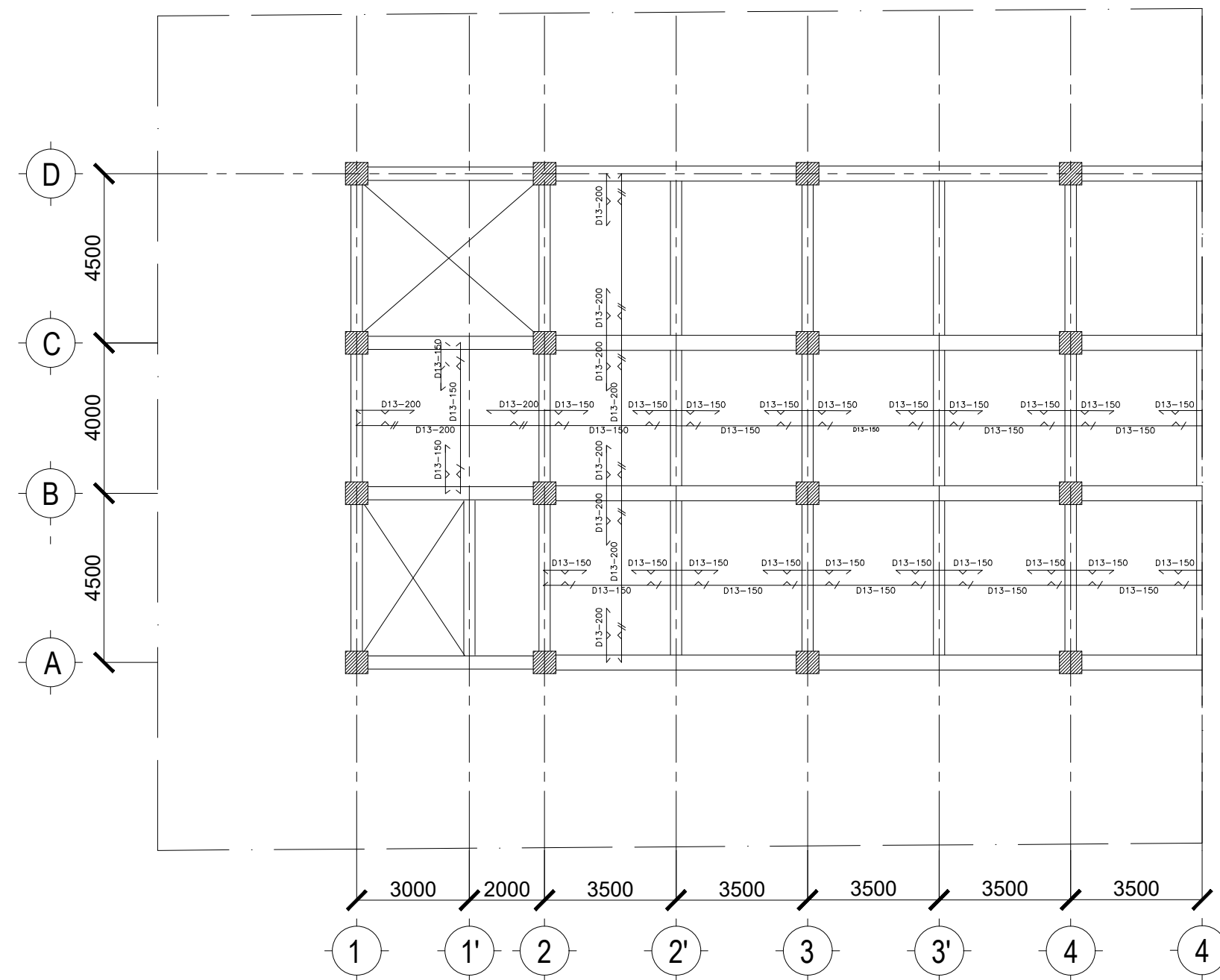
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

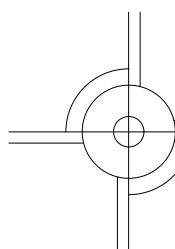
42

PARSIAL 1

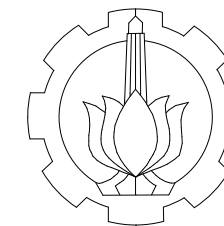
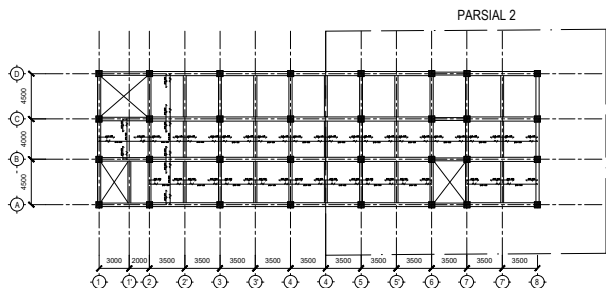


DENAH PENULANGAN PELAT  
 LT. 2 (PARSIAL-1)

1 : 150



KEYPLAN



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LANTAI 2  
(PARSIAL-2)

CATATAN

SKALA

1 : 150

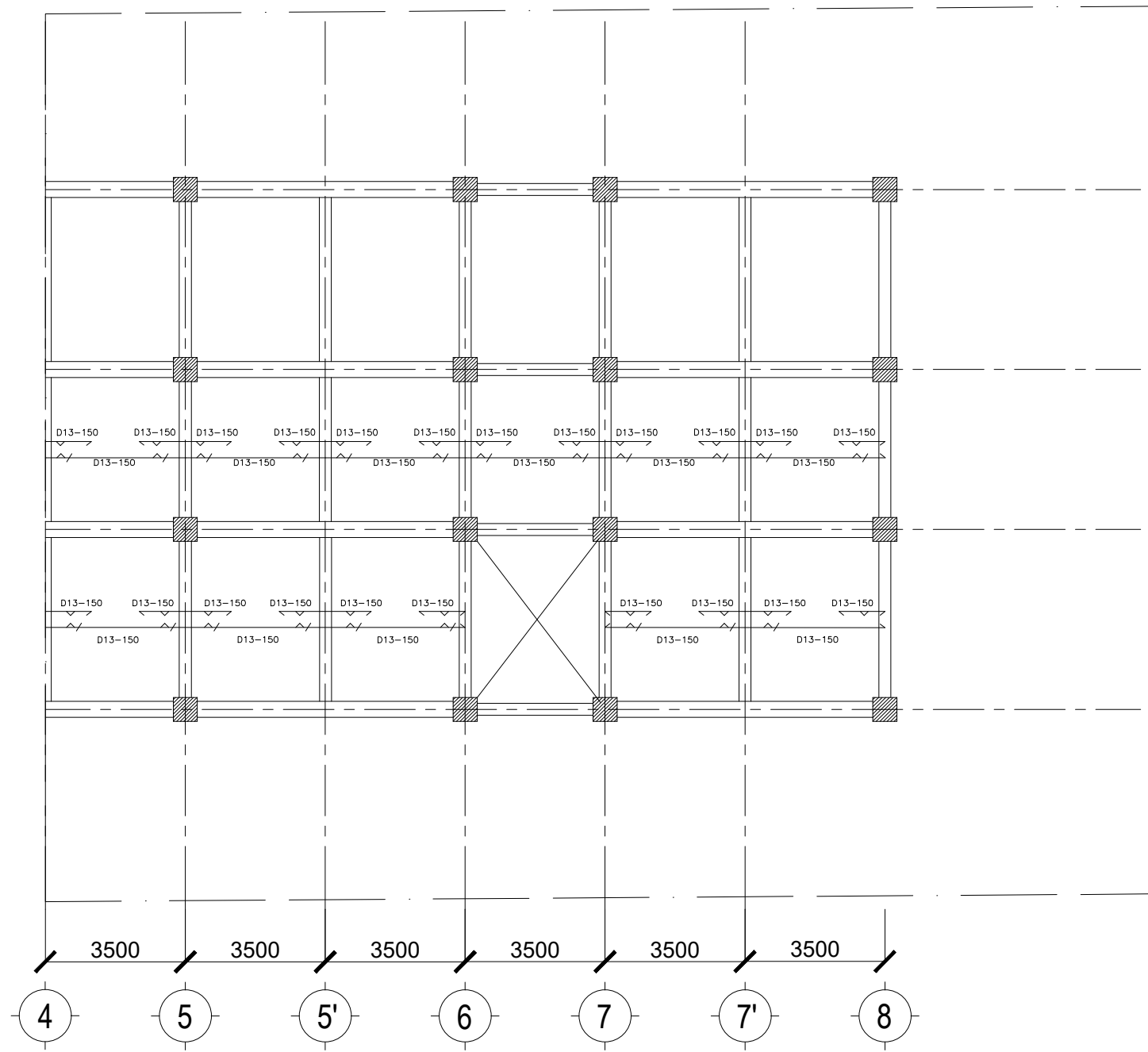
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

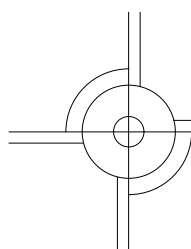
43

PARSIAL 2

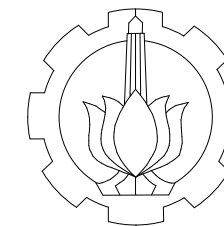


DENAH PENULANGAN PELAT  
LT. 2 (PARSIAL-2)

1 : 150







DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT  
LANTAI 3 -10

CATATAN

SKALA

1 : 200

KODE

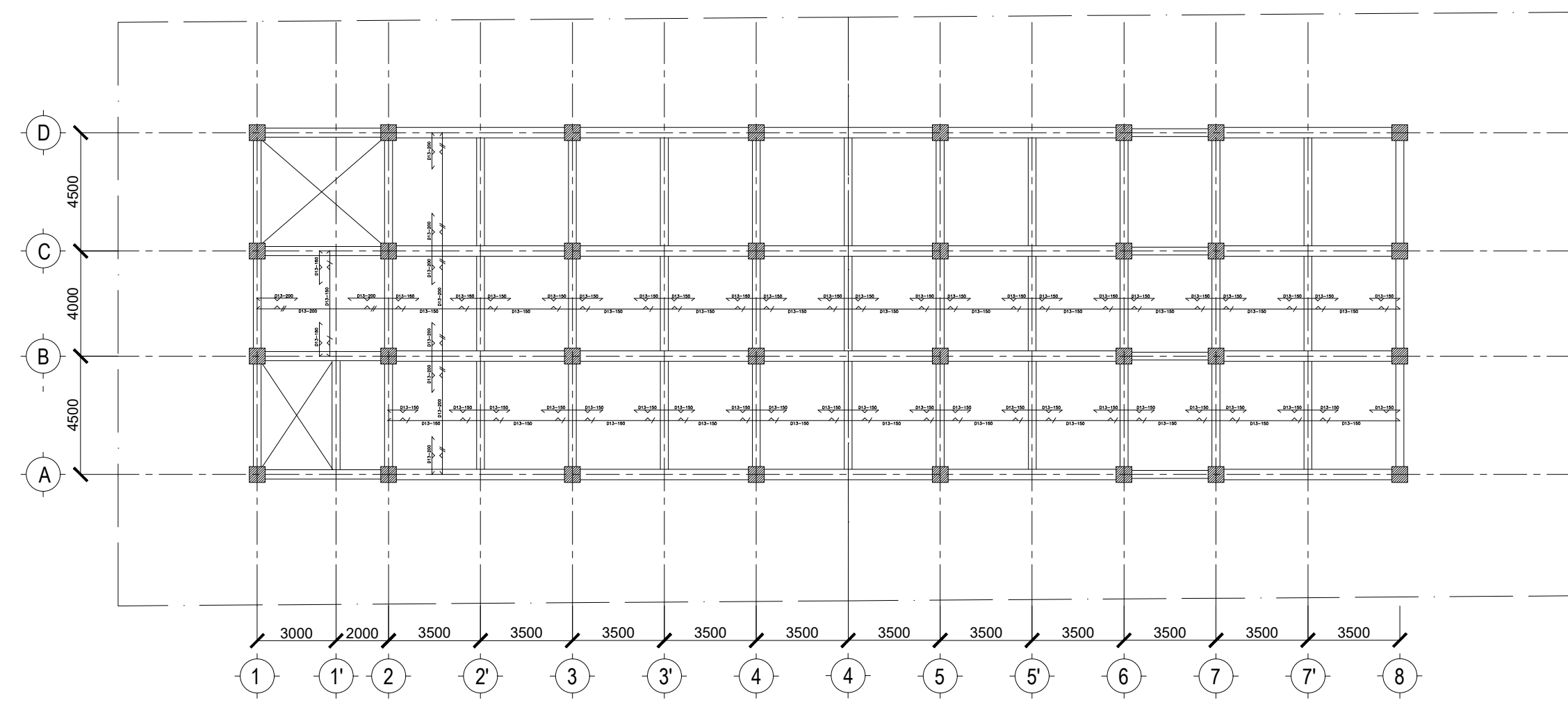
NOMOR GAMBAR

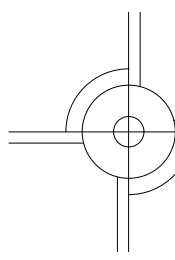
STR

44

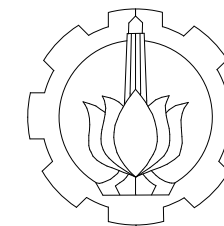
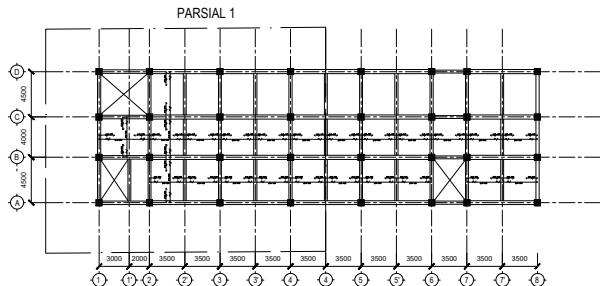
PARSIAL 1

PARSIAL 2



 DENAH PENULANGAN PELAT  
LT. 3-10  
1 : 200

KEYPLAN



DEPARTEMEN TEKNIK  
 INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
 DENGAN ELEMEN BALOK  
 PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
 NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
 NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LANTAI 3-10  
 (PARSIAL-1)

CATATAN

SKALA

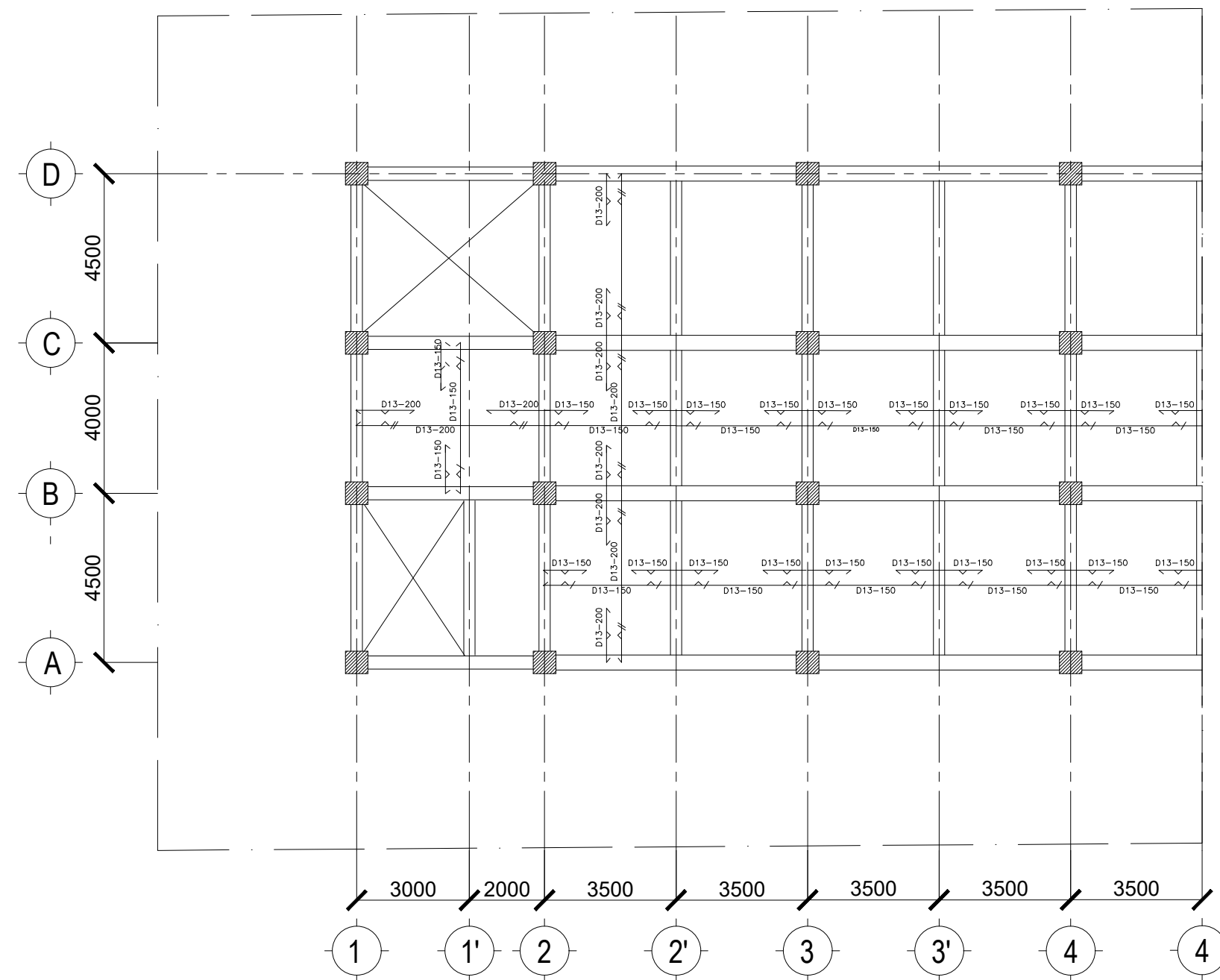
1 : 150

KODE      NOMOR GAMBAR

STR

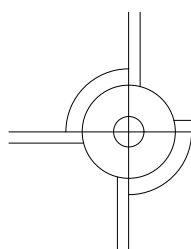
45

PARSIAL 1

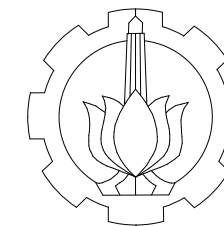
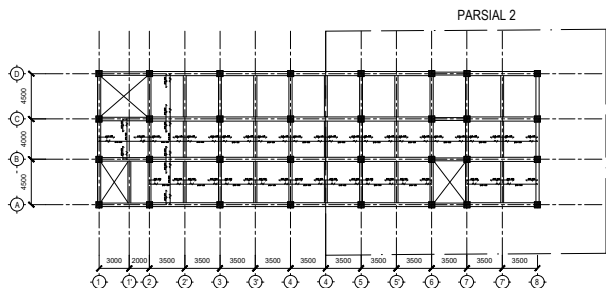


DENAH PENULANGAN PELAT  
 LT. 3-10 (PARSIAL-1)

1 : 150



KEYPLAN



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LANTAI 2  
(PARSIAL-2)

CATATAN

SKALA

1 : 150

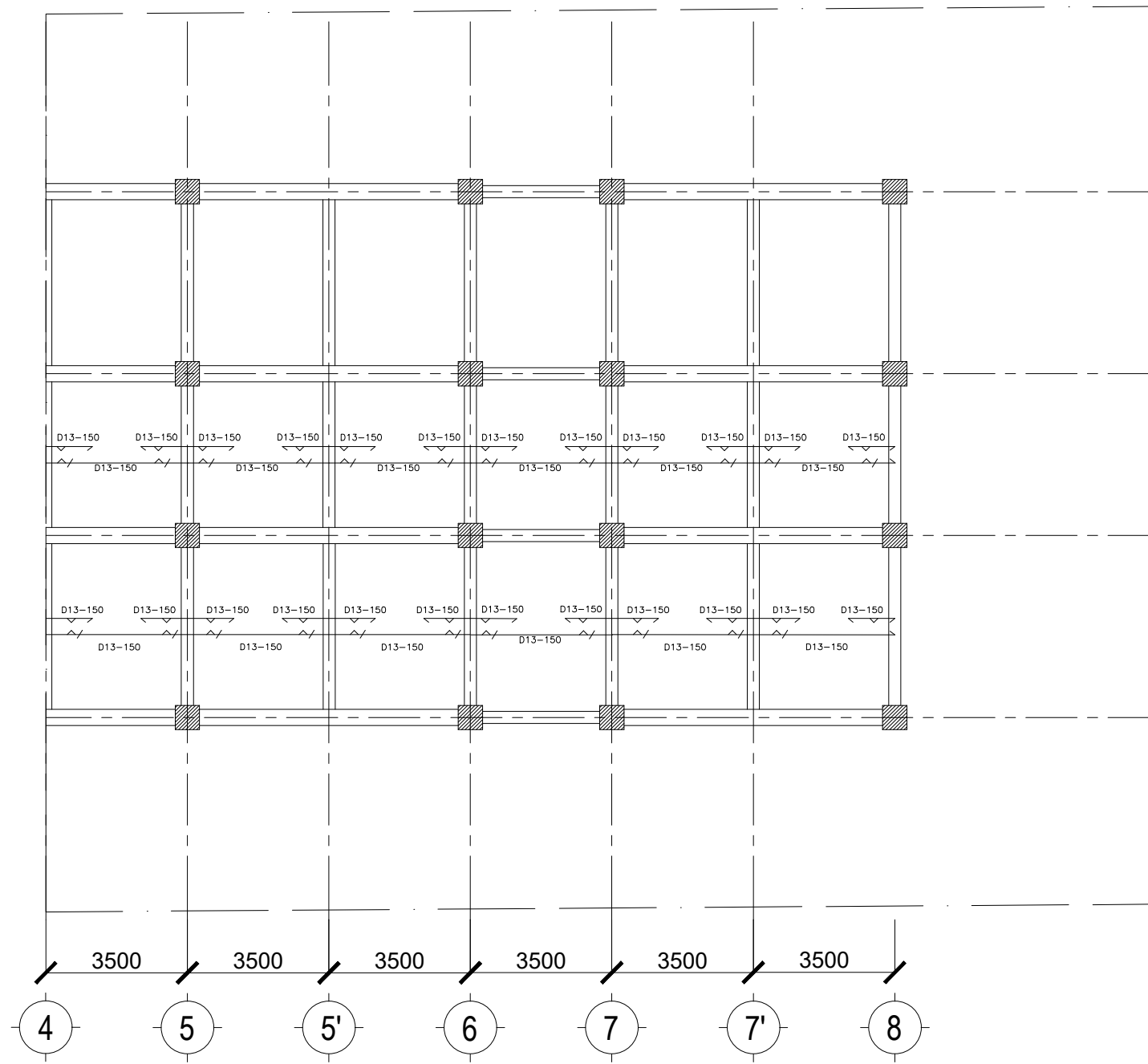
KODE

NOMOR GAMBAR

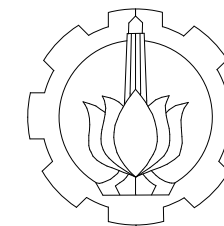
STR

46

PARSIAL 2



DENAH PENULANGAN PELAT  
LT. 3 -10 (PARSIAL-2)  
1 : 150



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT  
LANTAI ATAP

CATATAN

SKALA

1 : 200

KODE

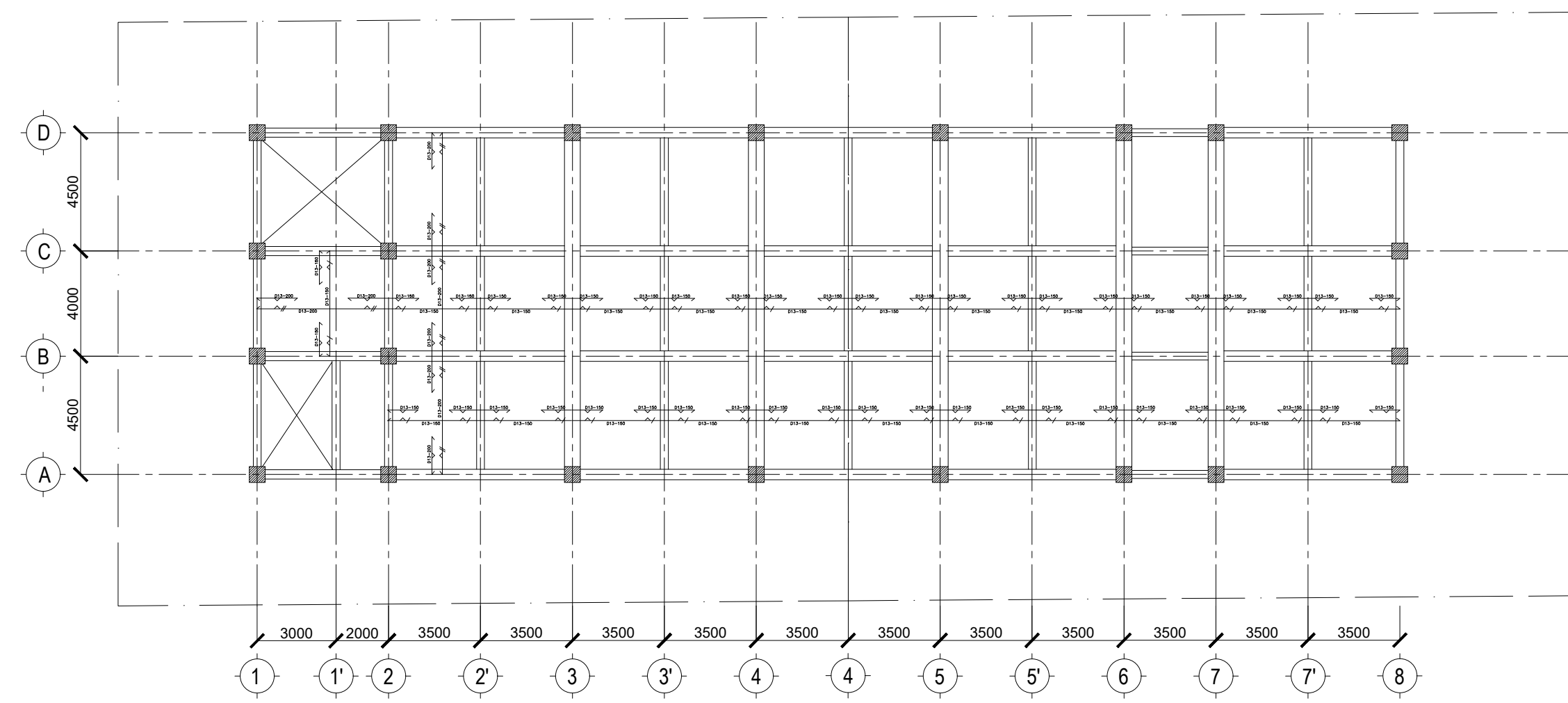
NOMOR GAMBAR

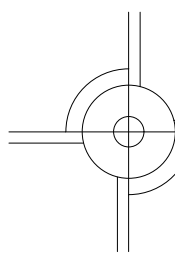
STR

47

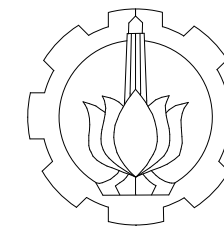
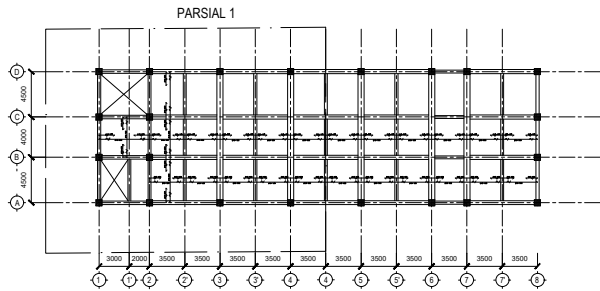
PARSIAL 1

PARSIAL 2



 DENAH PENULANGAN PELAT  
LT. ATAP  
1 : 200

KEYPLAN



DEPARTEMEN TEKNIK  
 INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
 DENGAN ELEMEN BALOK  
 PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
 NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
 NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP  
 (PARSIAL-1)

CATATAN

SKALA

1 : 150

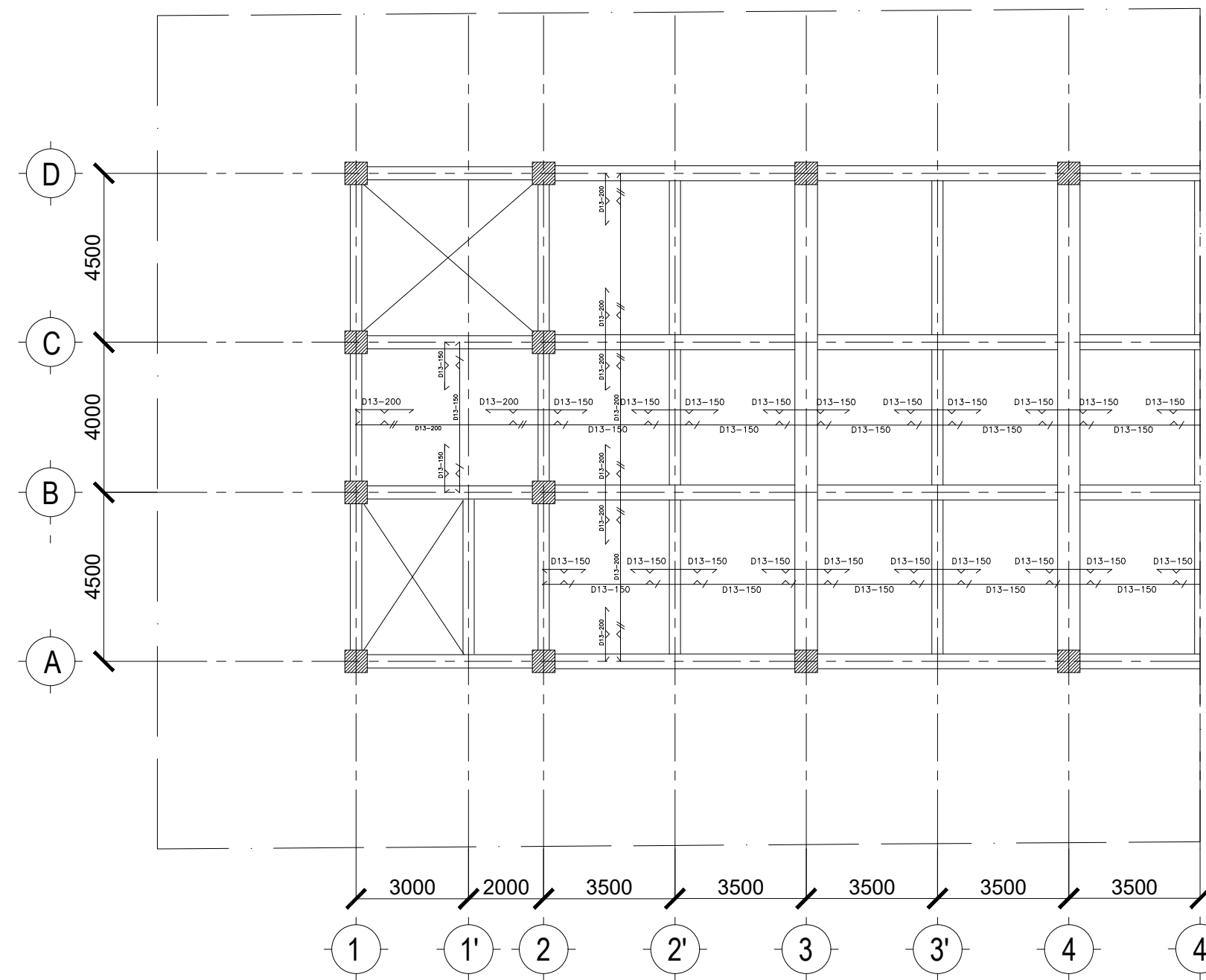
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

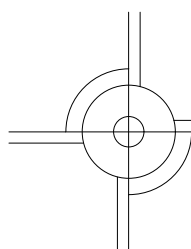
48

PARSIAL 1

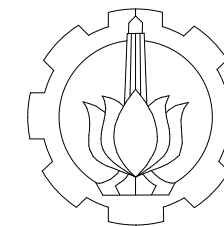
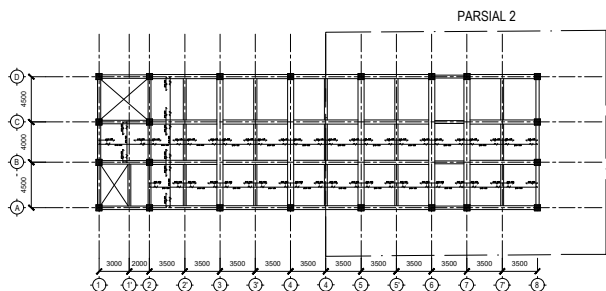


DENAH PENULANGAN PELAT  
 LT. ATAP (PARSIAL-1)

1 : 150



KEYPLAN



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP  
(PARSIAL-1)

CATATAN

SKALA

1 : 150

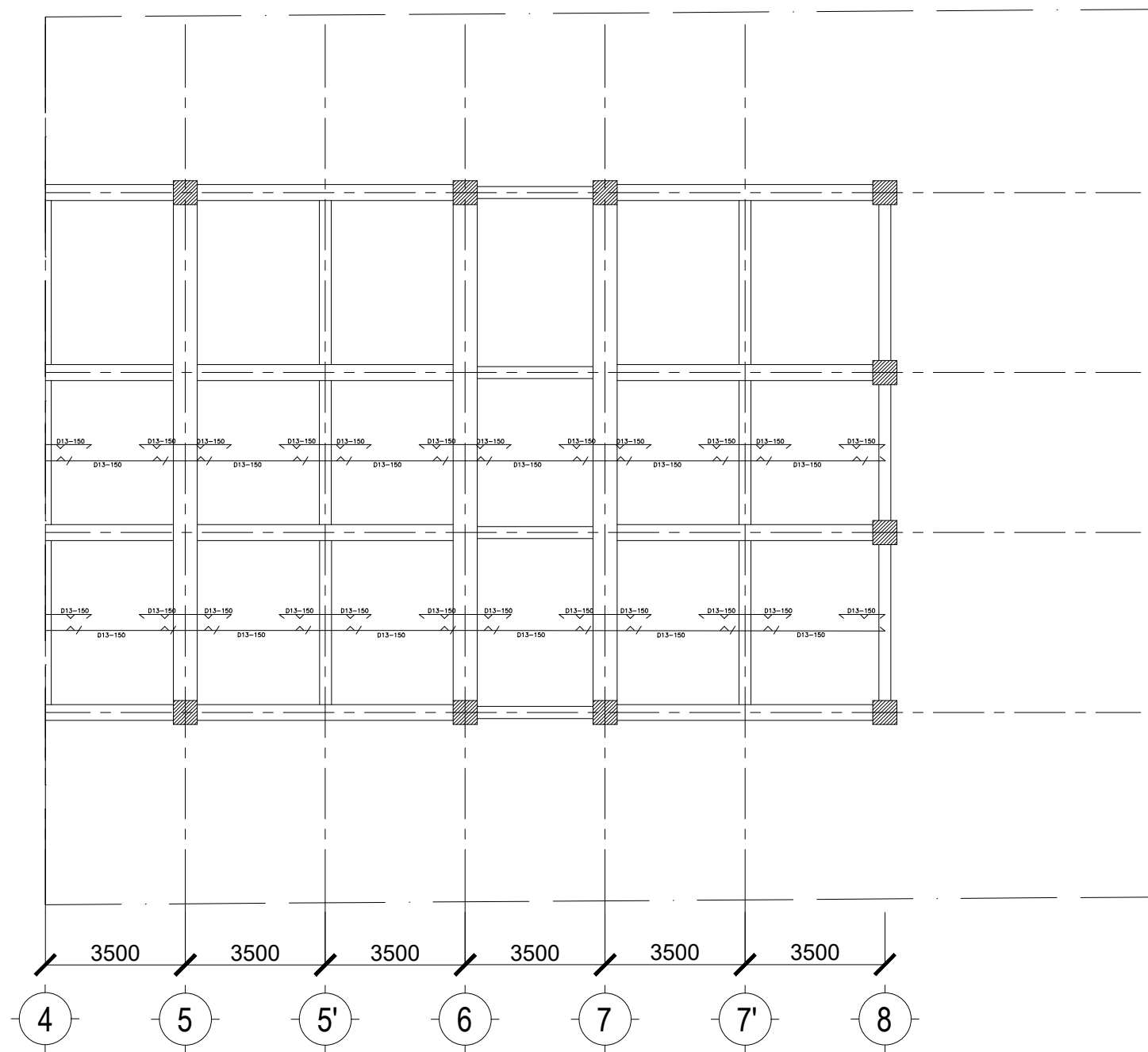
KODE

NOMOR GAMBAR

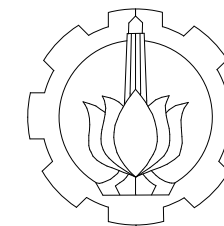
STR

49

PARSIAL 2



DENAH PENULANGAN PELAT  
LT. ATAP (PARSIAL-2)  
1 : 150



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN LANTAI  
ATAP RUMAH LIFT

CATATAN

SKALA

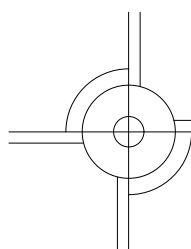
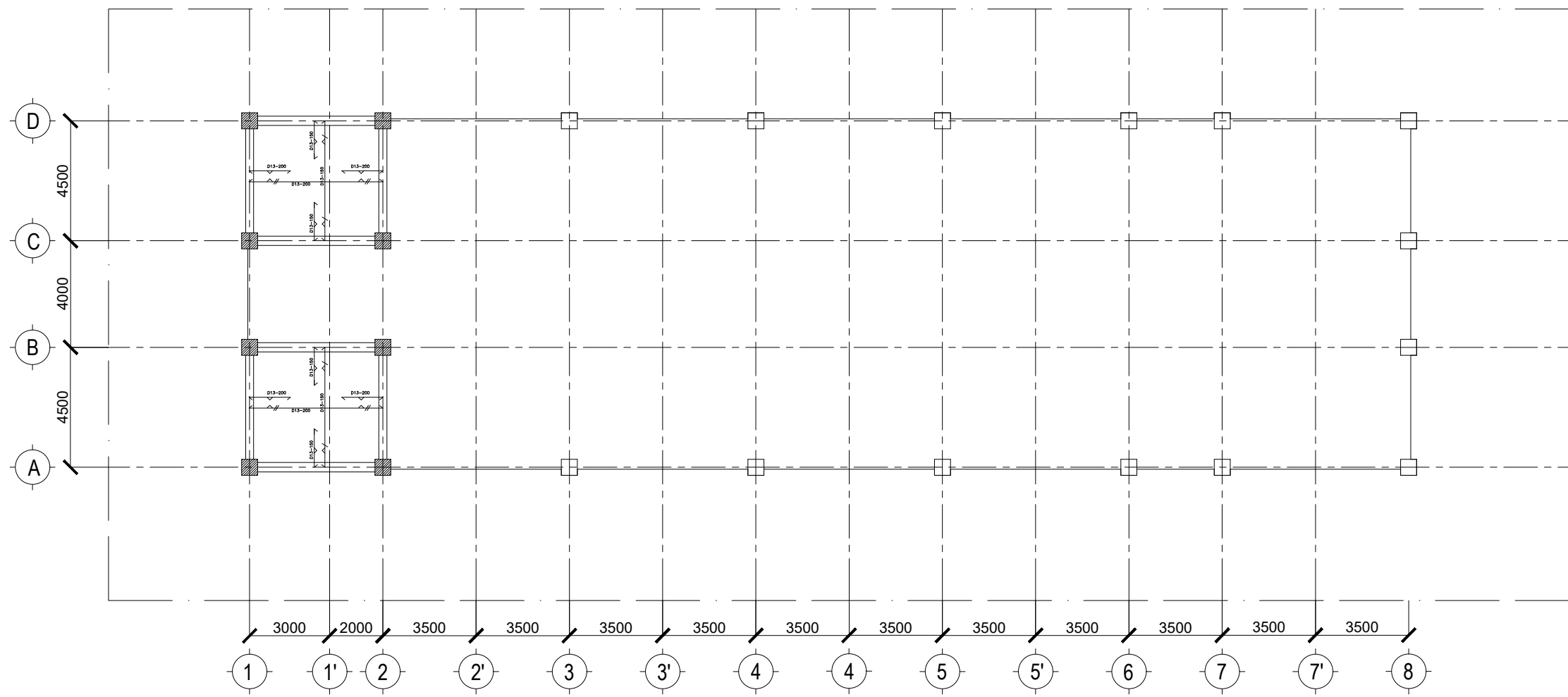
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

STR

50

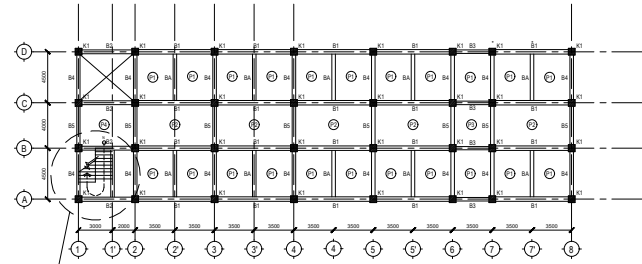


DENAH PENUALANGAN PELAT  
ATAP RUMAH LIFT

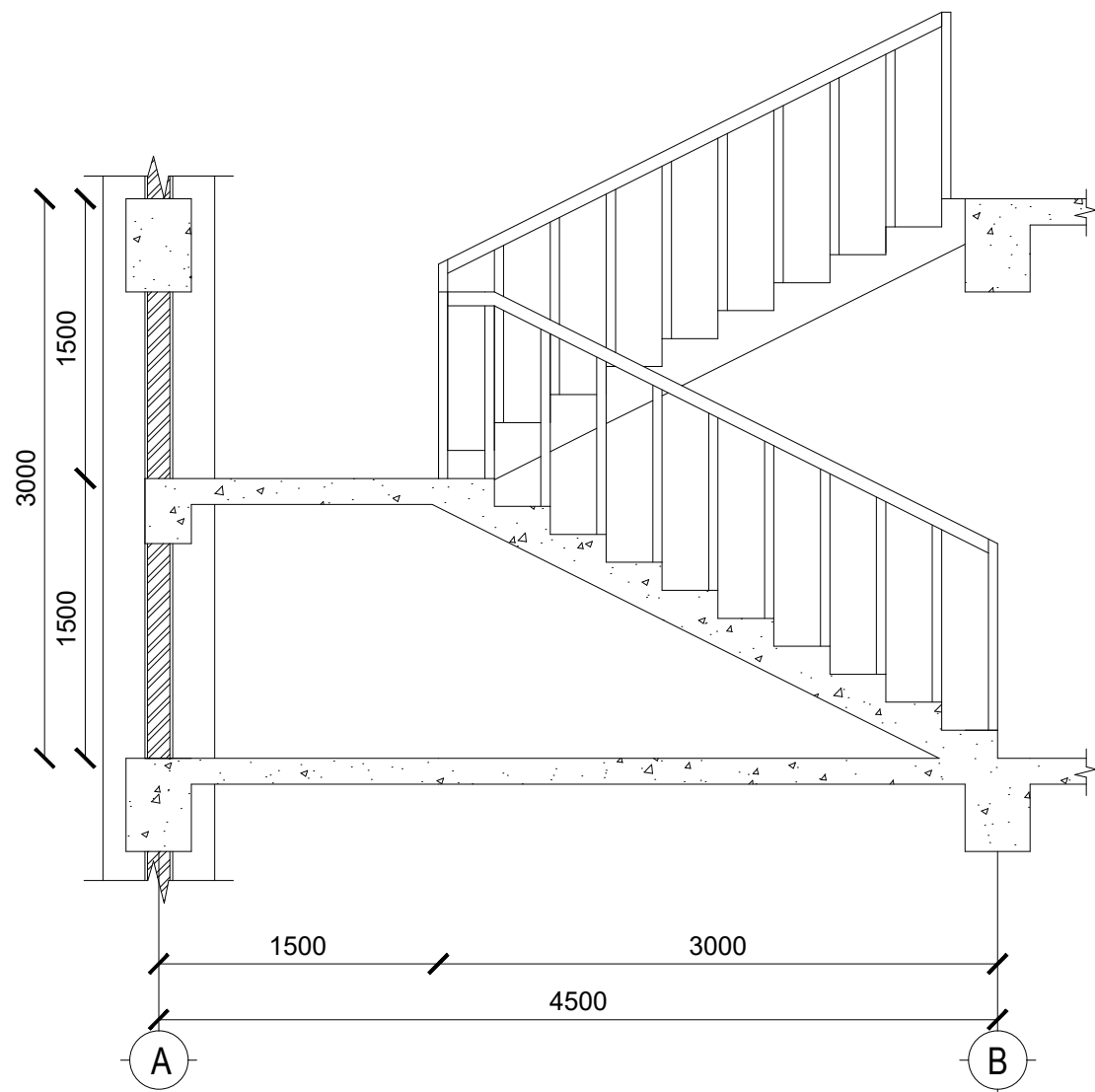
1 : 200

KEYPLAN

DENAH TANGGA TIPE 1 LT.1 & LT. 3-9

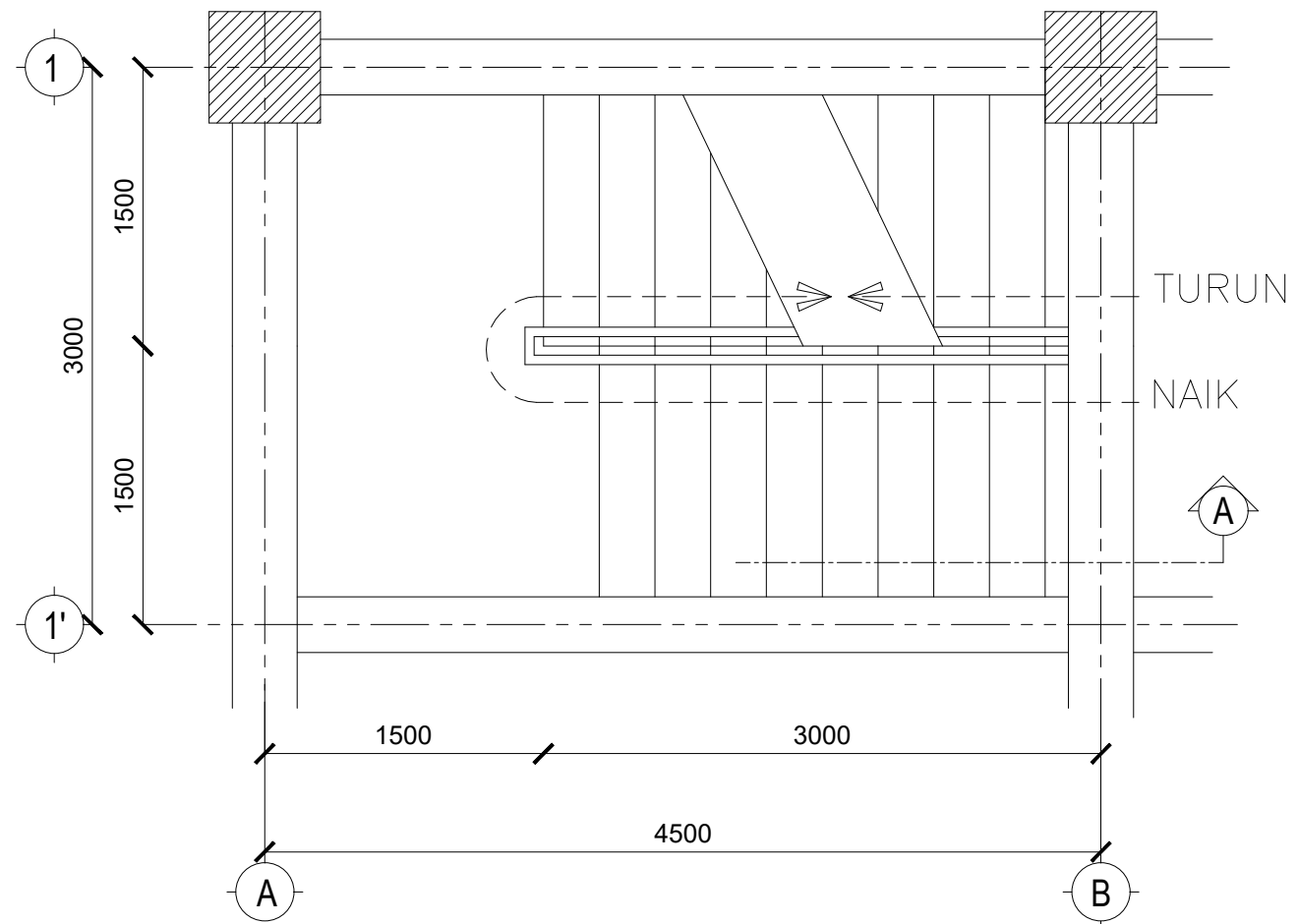


TANGGA 1



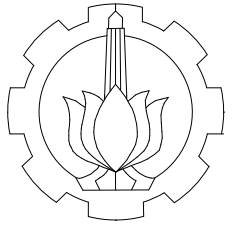
POTONGAN A - A

1 : 40



TAMPAK ATAS TANGGA TIPE 1

1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

TAMPAK TANGGA TIPE 1

CATATAN

SKALA

1 : 40

KODE

NOMOR GAMBAR

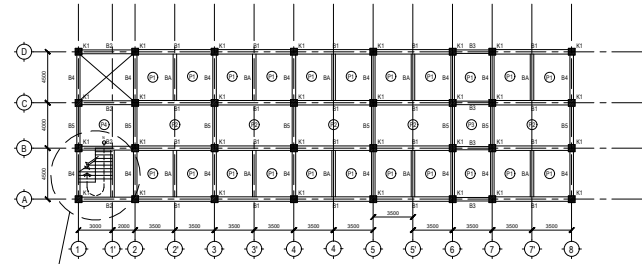
STR

51

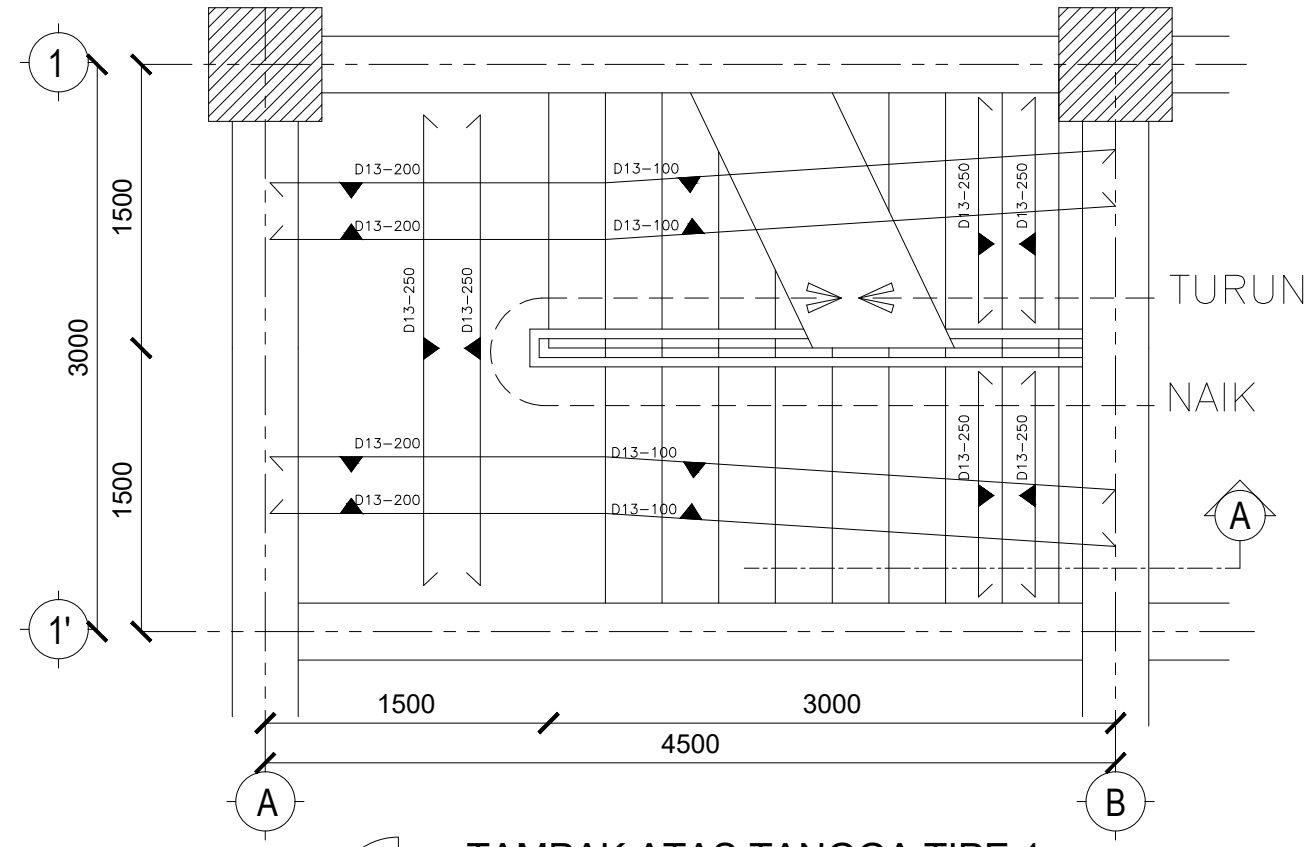


KEYPLAN

DENAH TANGGA TIPE 1 LT.1 & LT. 3-9

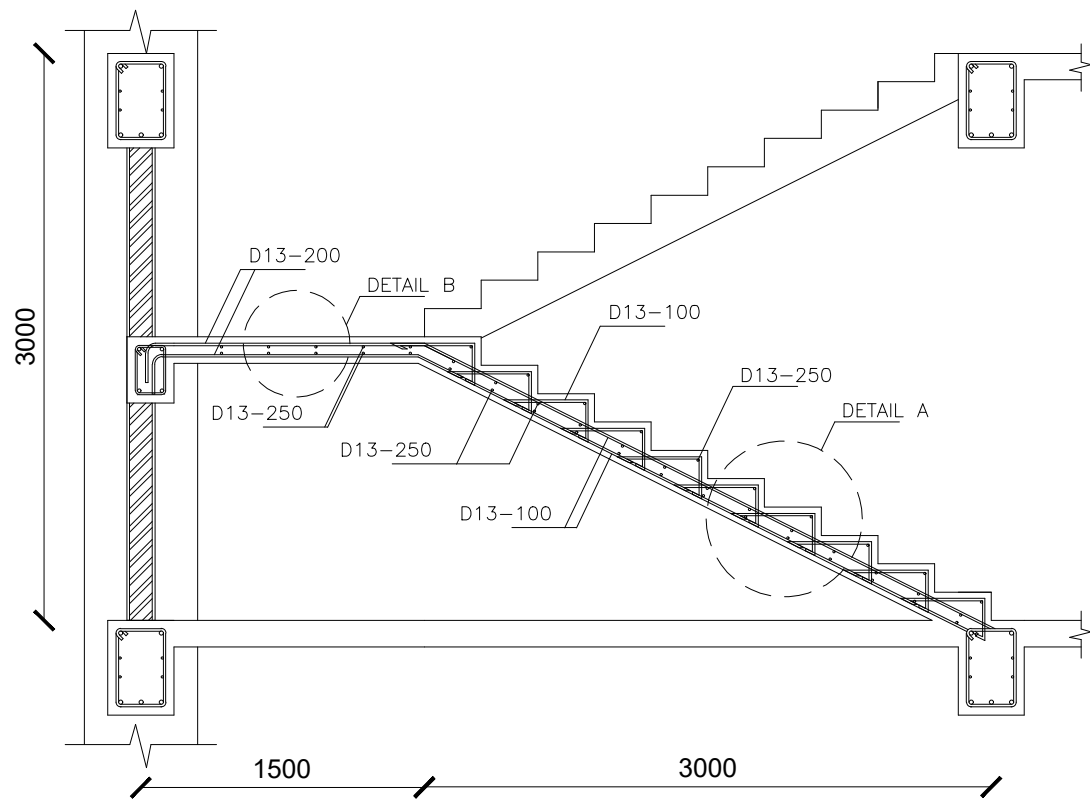


TANGGA 1



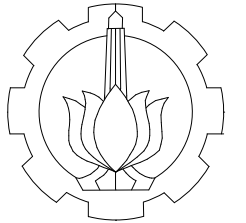
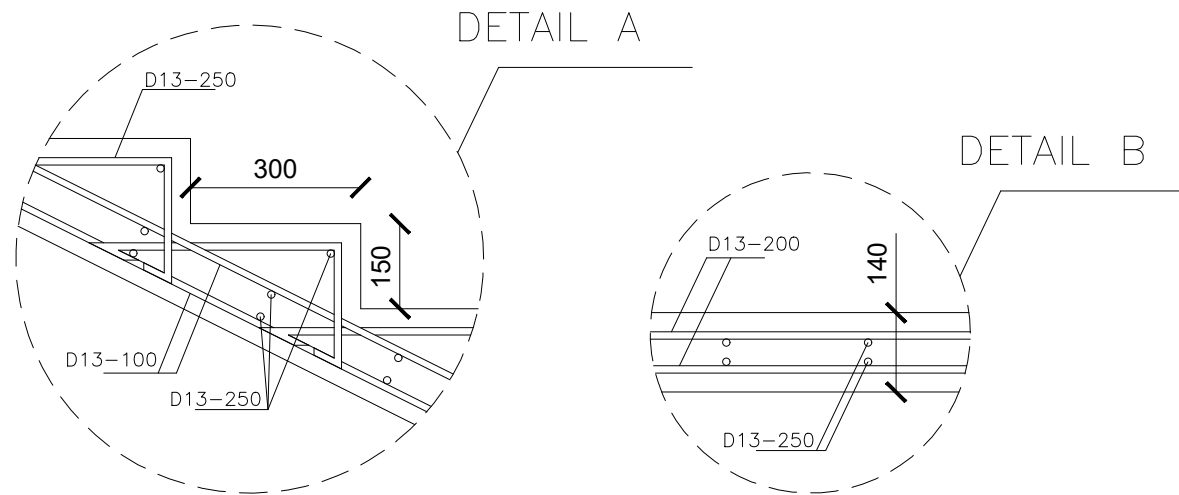
TAMPAK ATAS TANGGA TIPE 1

1 : 40



POTONGAN A - A

1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN TANGGA TIPE 1

CATATAN

SKALA

1 : 40

KODE

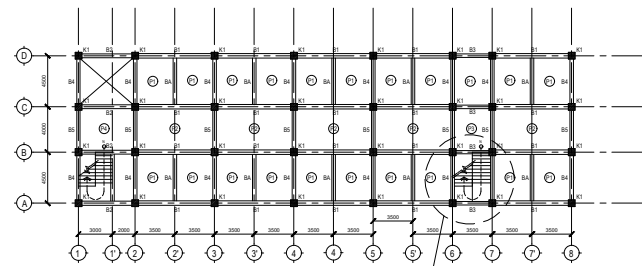
NOMOR GAMBAR

STR

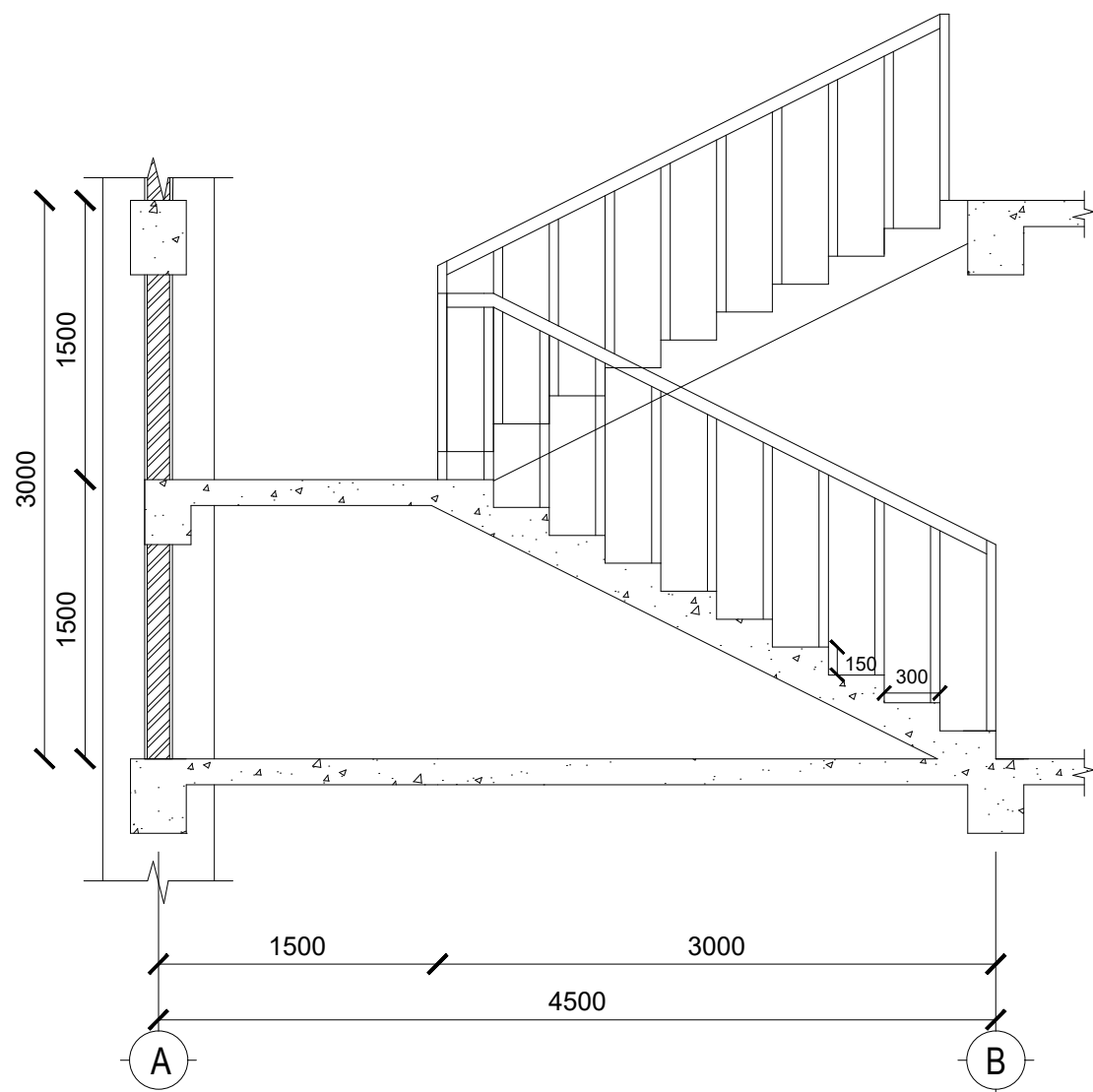
52

KEYPLAN

DENAH TANGGA TIPE 2 LT.1

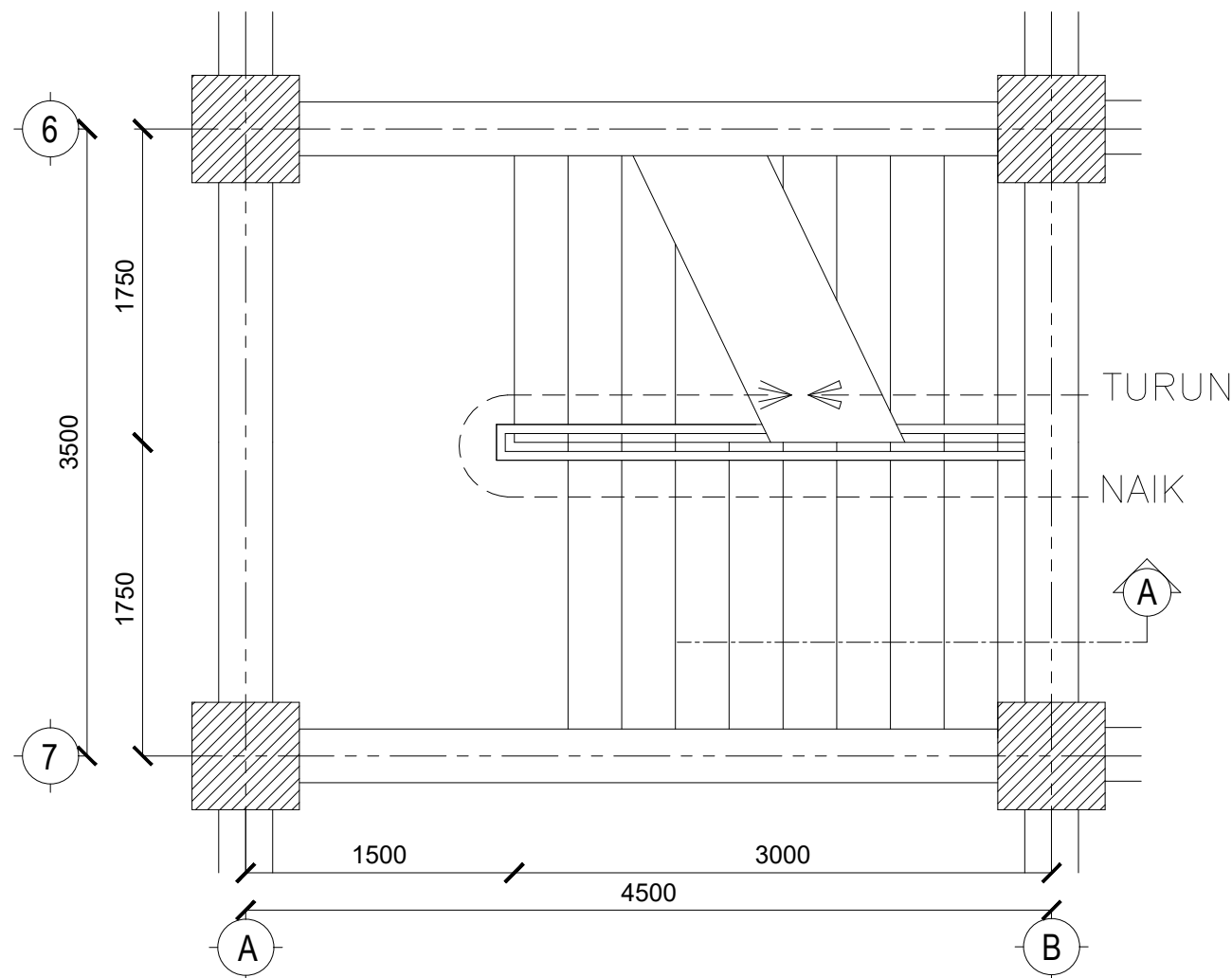


TANGGA 2



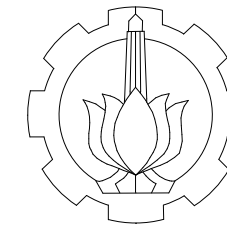
POTONGAN A - A

1 : 40



TAMPAK ATAS TANGGA TIPE 2

1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

TAMPAK TANGGA TIPE 2

CATATAN

SKALA

1 : 40

KODE

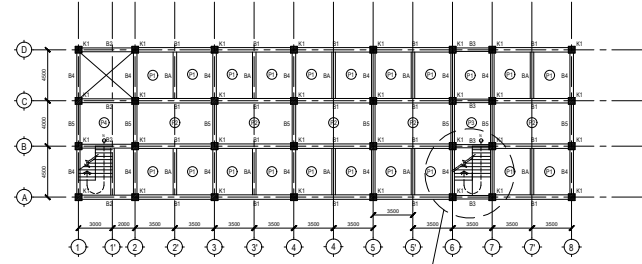
NOMOR GAMBAR

STR

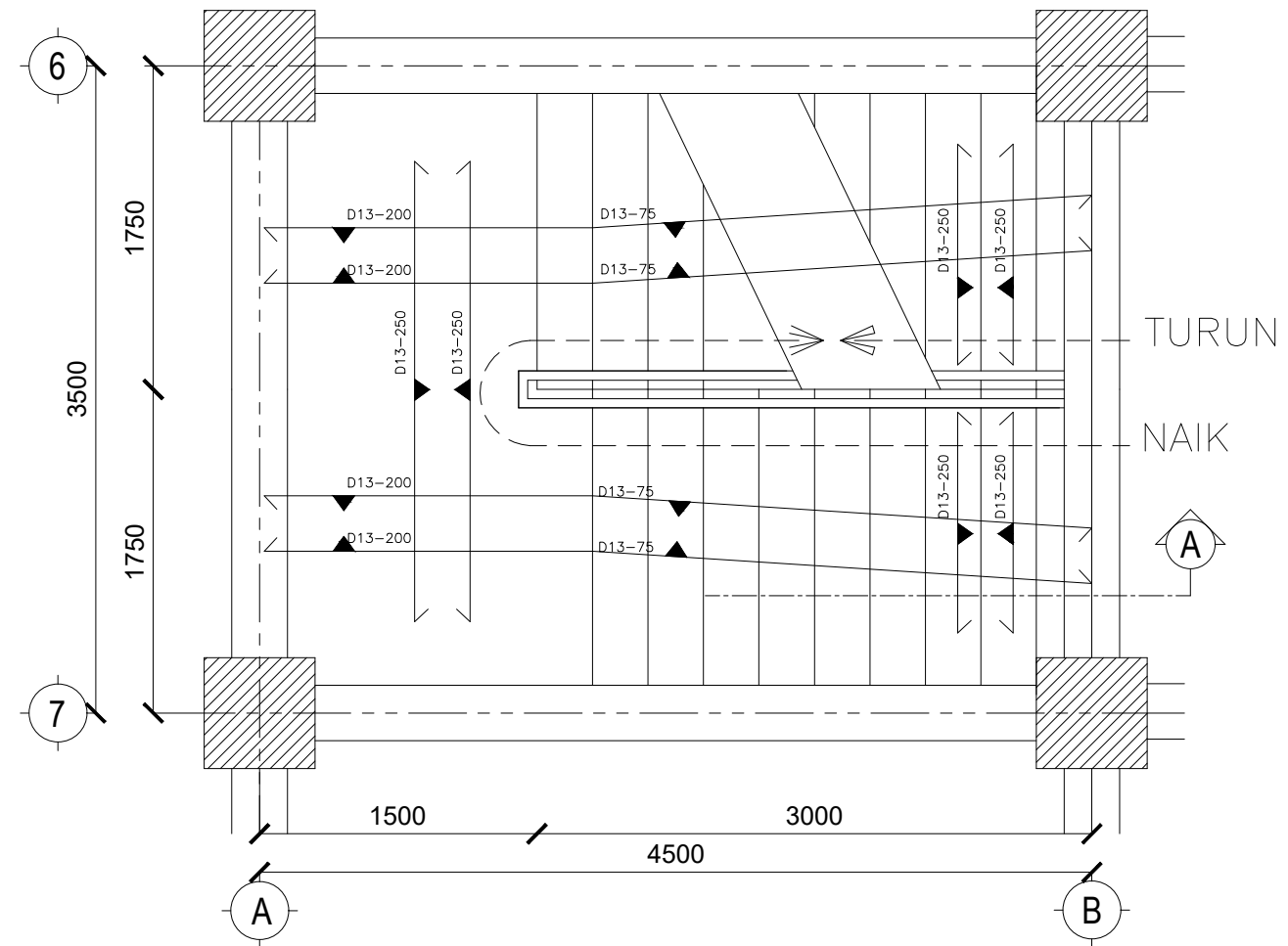
53

KEYPLAN

DENAH TANGGA TIPE 2 LT.1

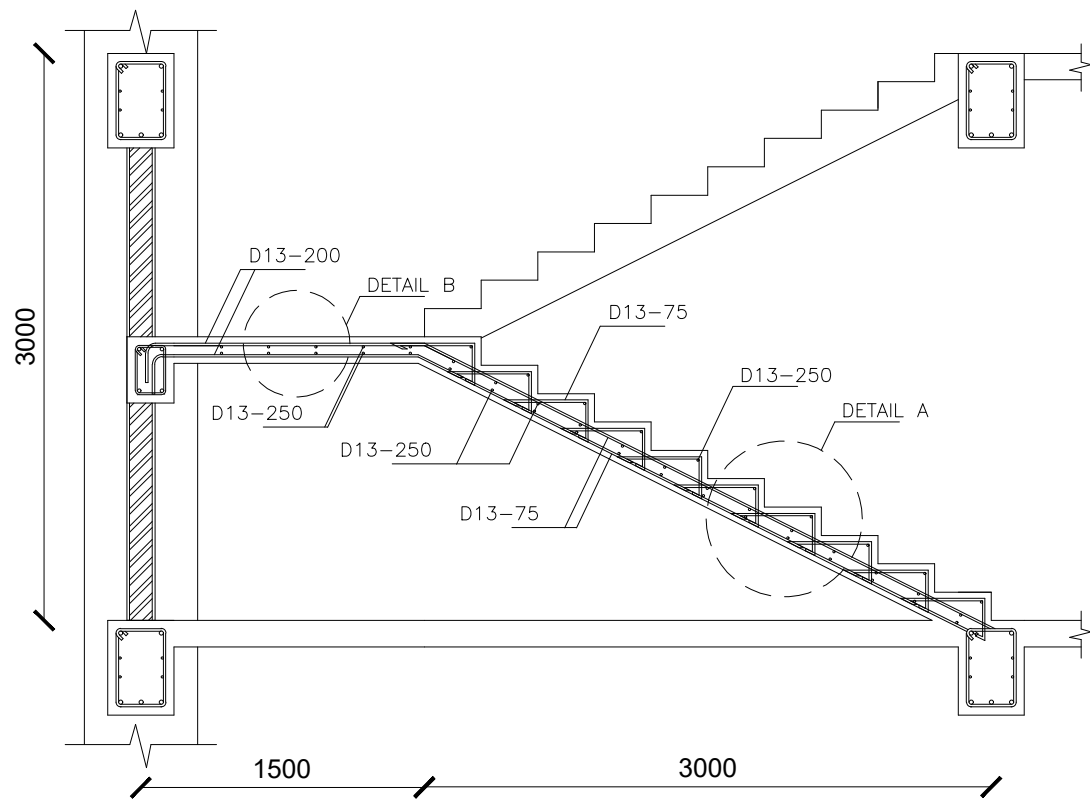


TANGGA 2



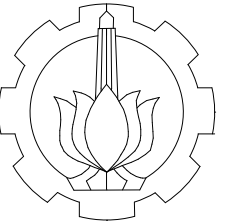
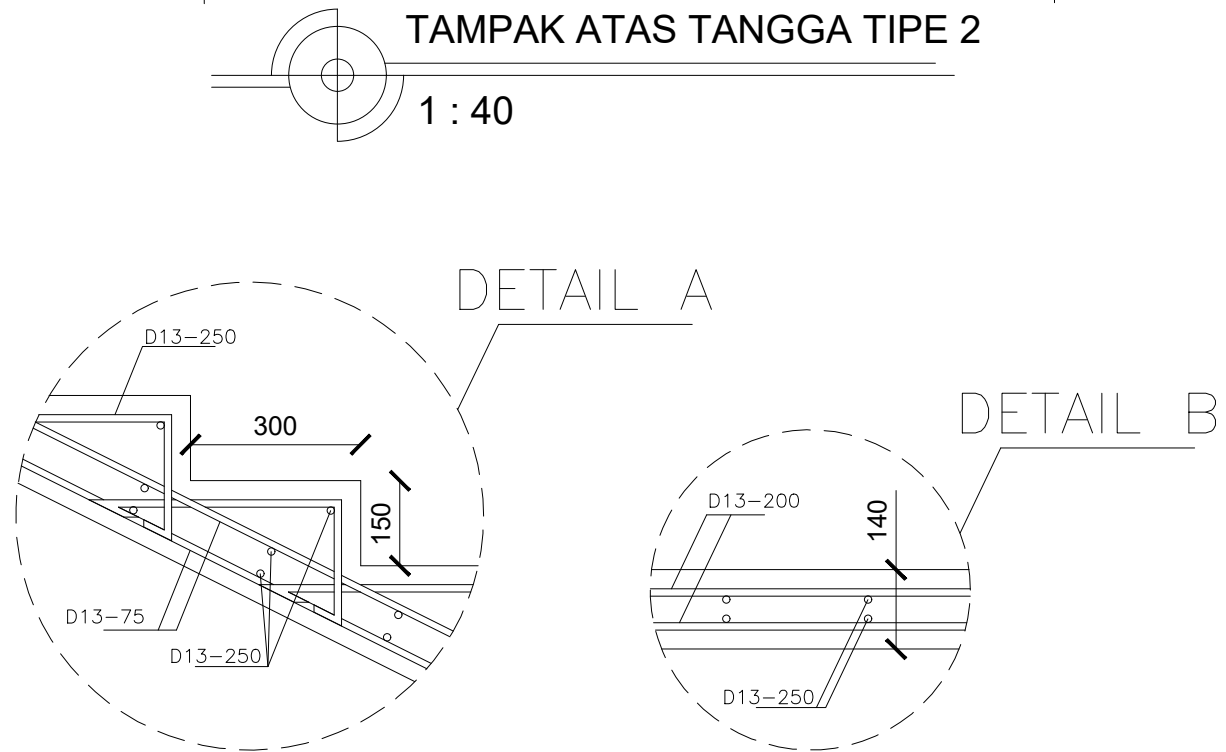
TAMPAK ATAS TANGGA TIPE 2

1 : 40



POTONGAN A -A

1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN TANGGA TIPE 2

CATATAN

SKALA

1 : 40

KODE

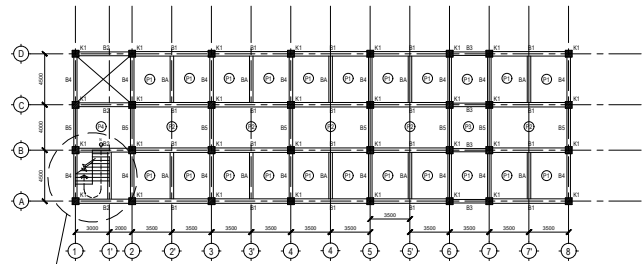
NOMOR GAMBAR

STR

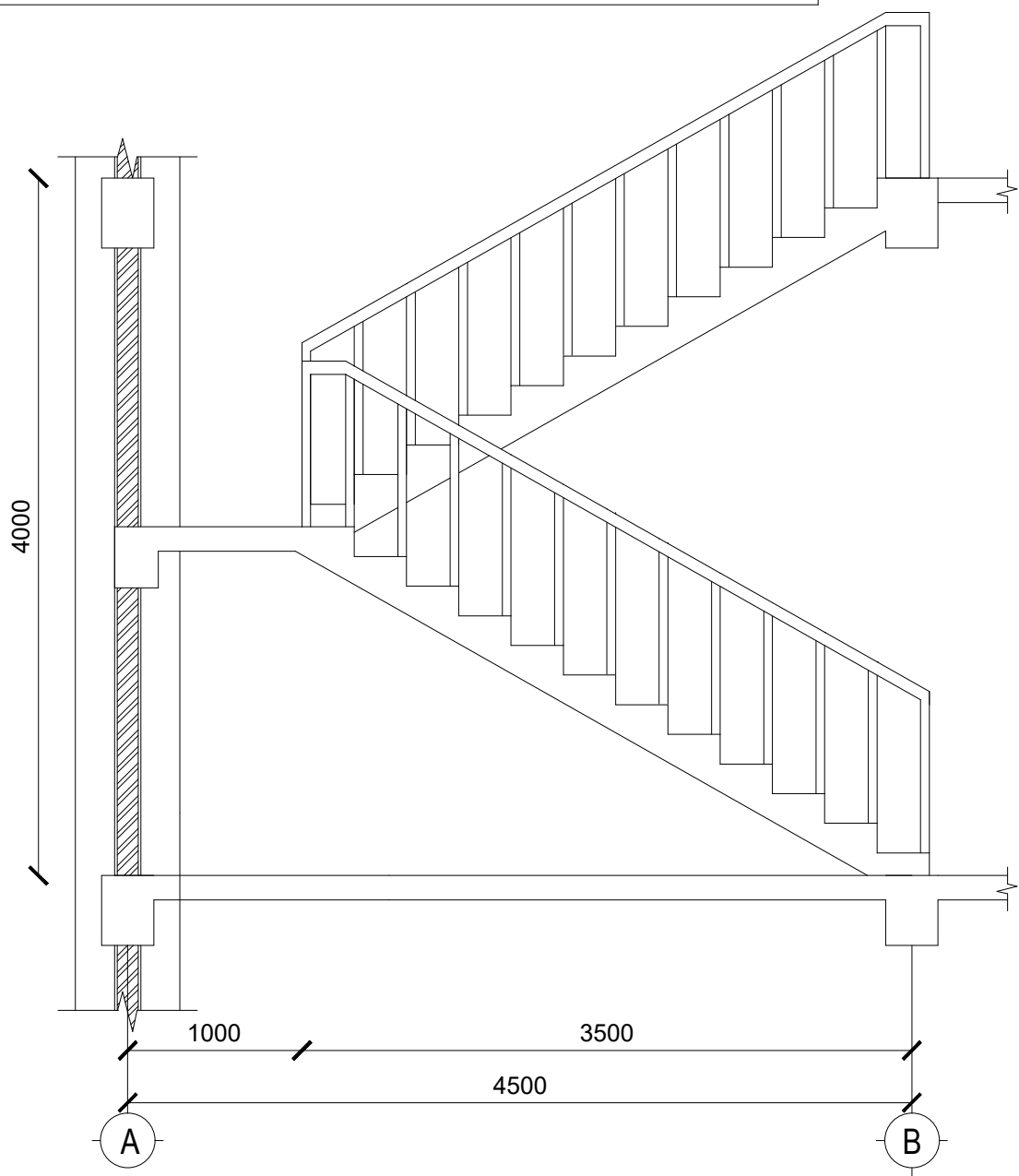
54

KEYPLAN

DENAH TANGGA TIPE 3 LT.2 & LT.10

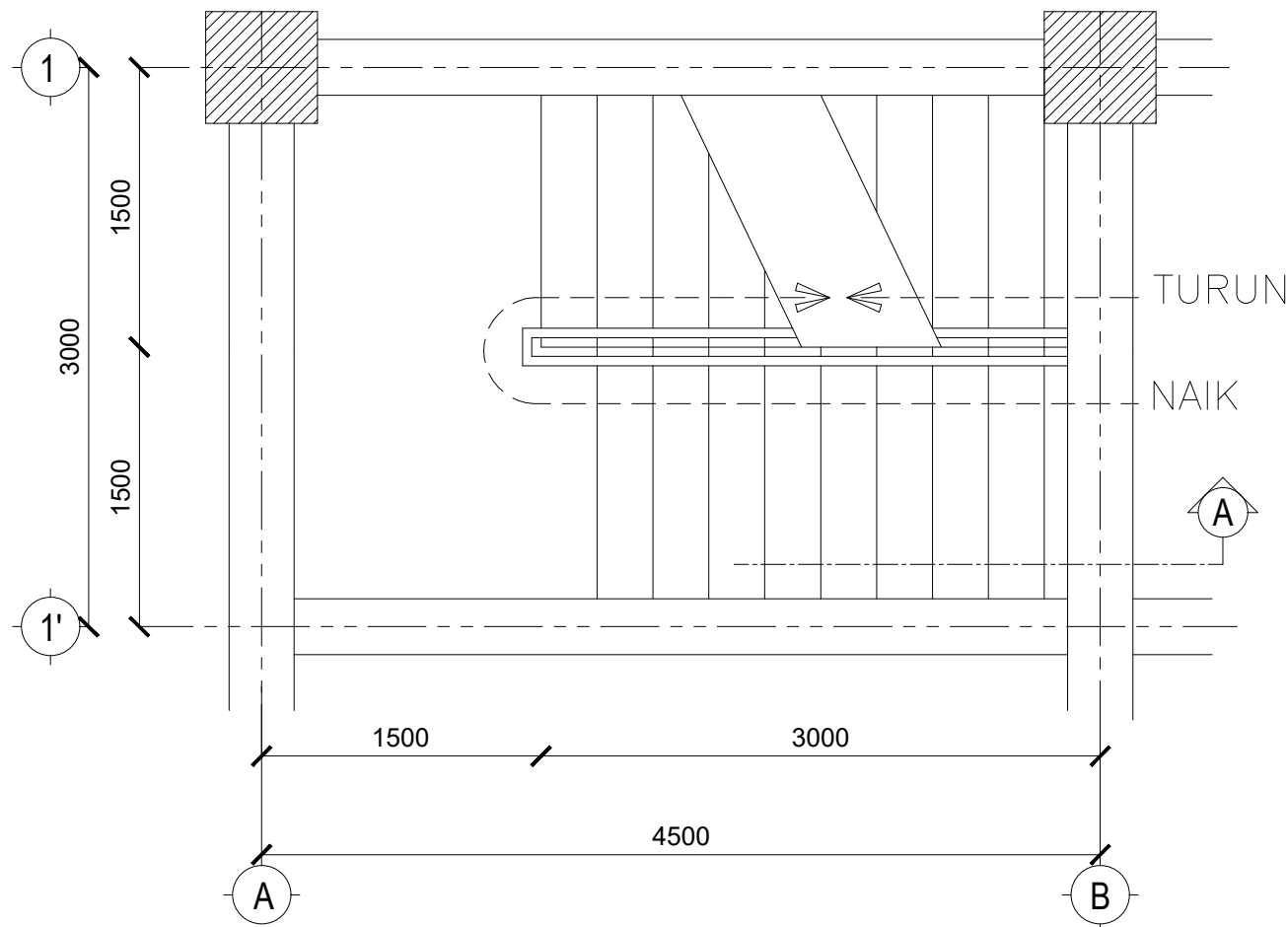


TANGGA 3



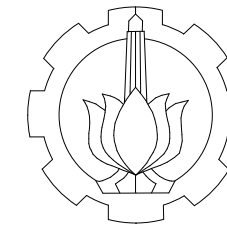
POTONGAN A - A

1 : 40



TAMPAK ATAS TANGGA TIPE 3

1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 1011141000058

JUDUL GAMBAR

TAMPAK TANGGA TIPE3

CATATAN

SKALA

1 : 40

KODE

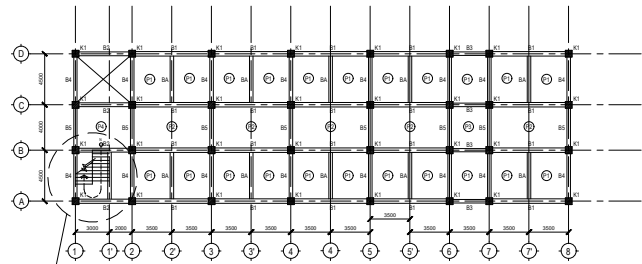
NOMOR GAMBAR

STR

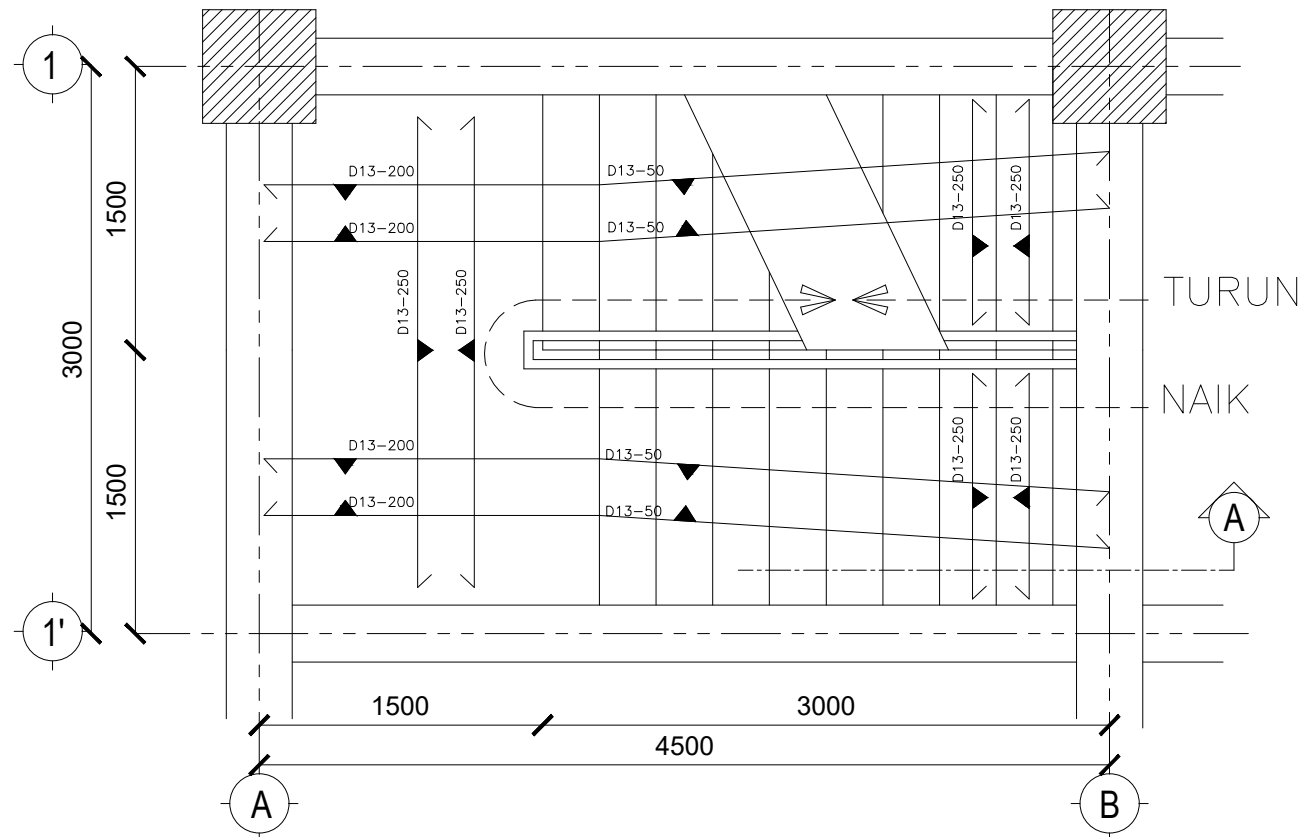
55

KEYPLAN

DENAH TANGGA TIPE 3 LT.2 & LT.10

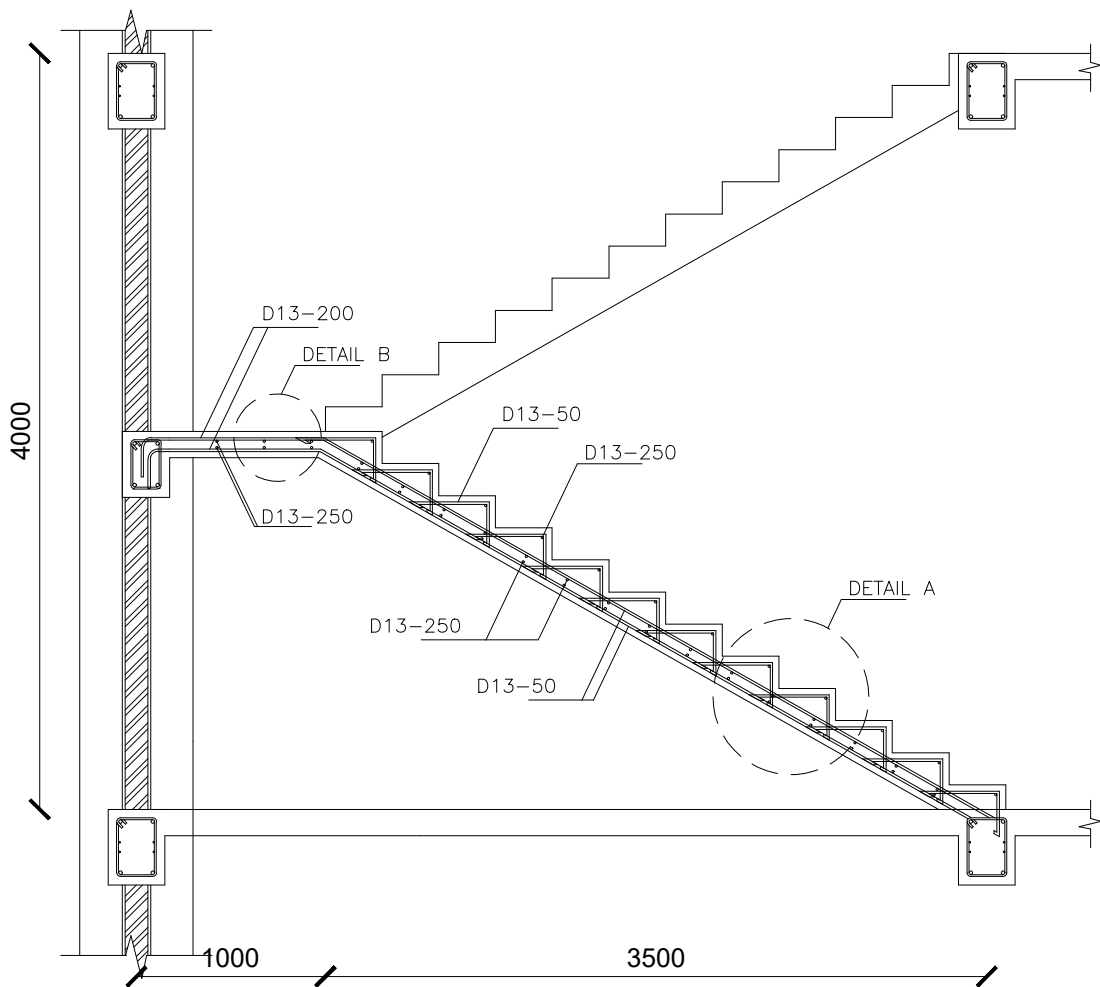


TANGGA 3



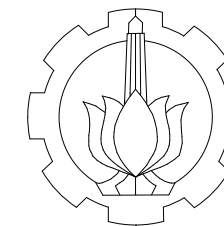
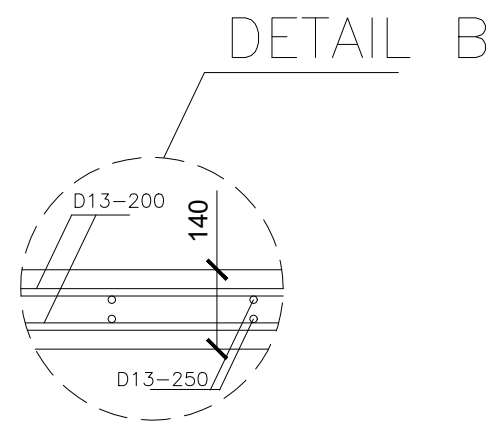
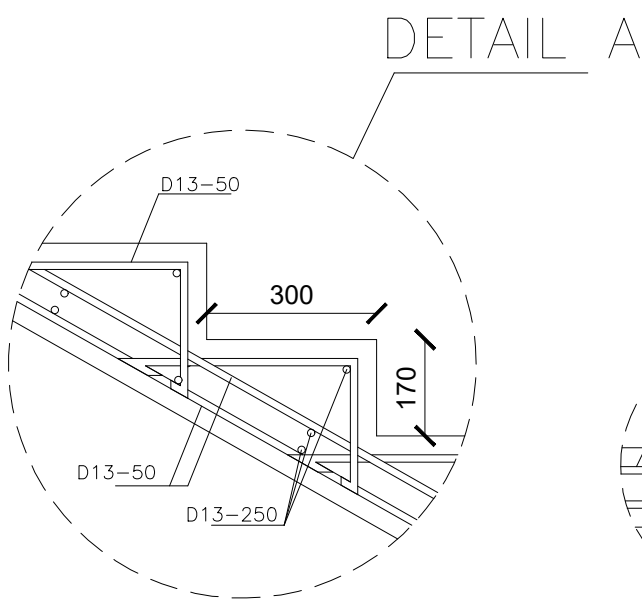
TAMPAK ATAS TANGGA TIPE 3

1 : 40



POTONGAN A - A

1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN TANGGA TIPE 3

CATATAN

SKALA

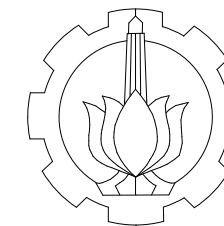
1 : 40

KODE

NOMOR GAMBAR

STR

56



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK PRATEGANG

CATATAN

SKALA

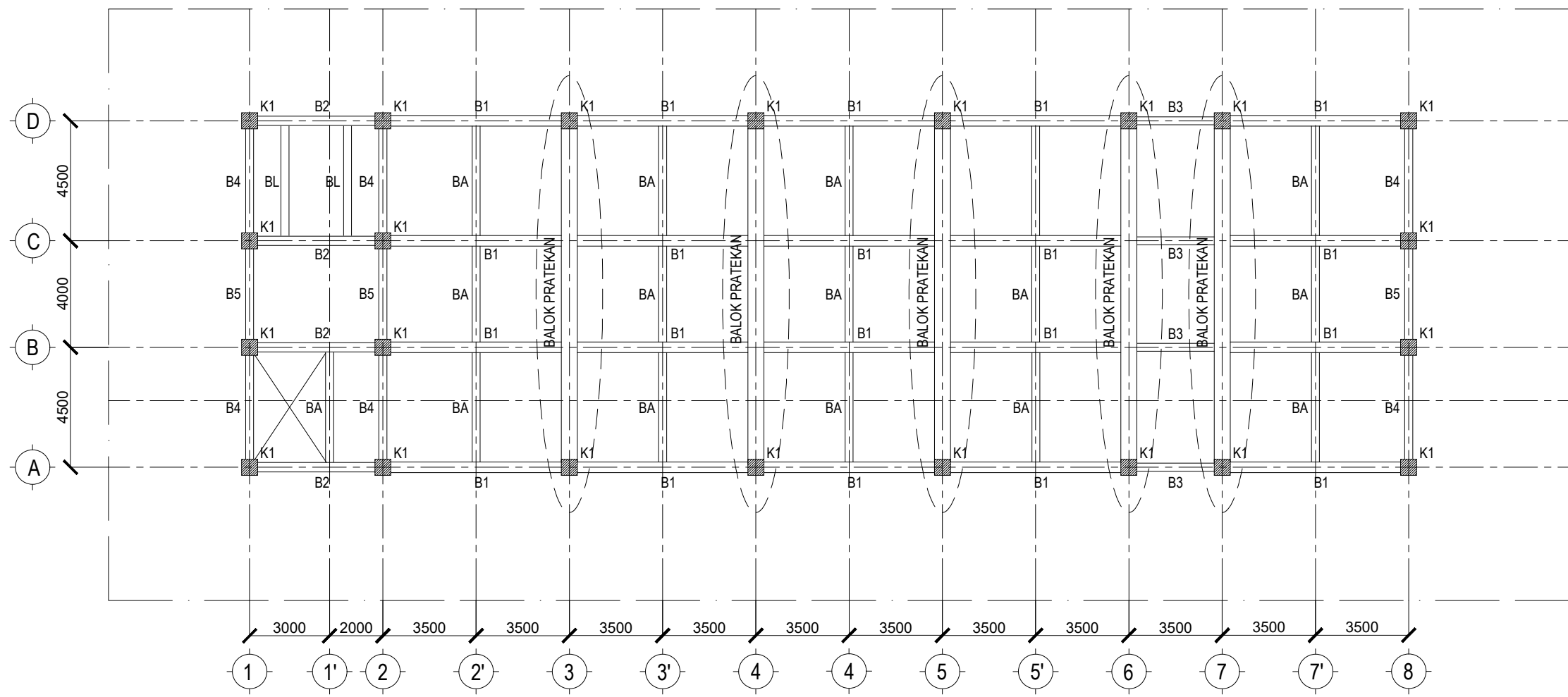
1 : 200

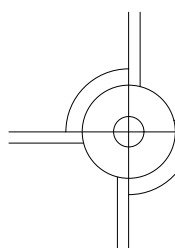
KODE

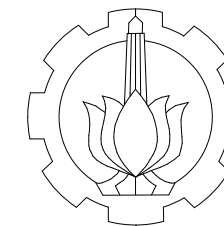
NOMOR GAMBAR

STR

57



 DENAH BALOK PRATEGANG  
1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BALOK  
PRATEGANG

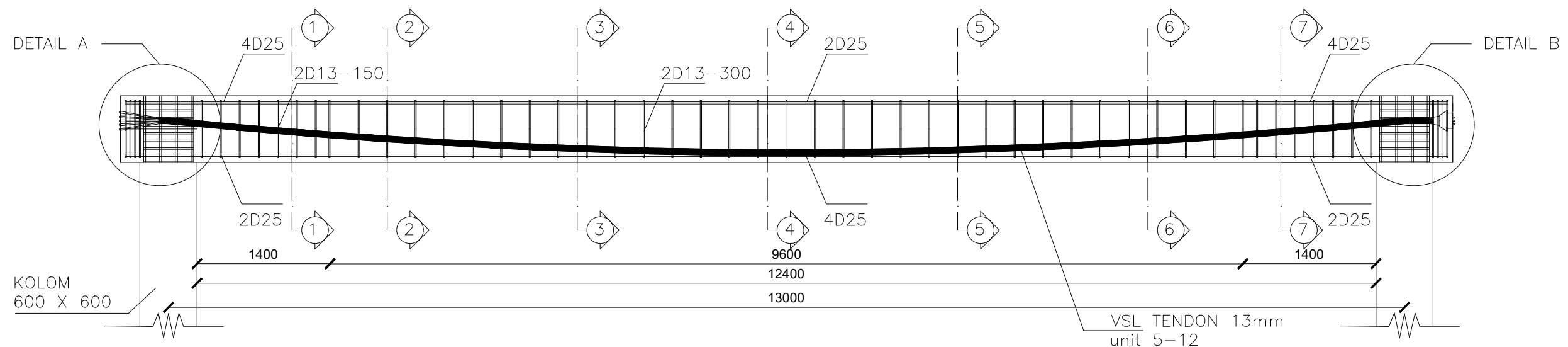
CATATAN

SKALA

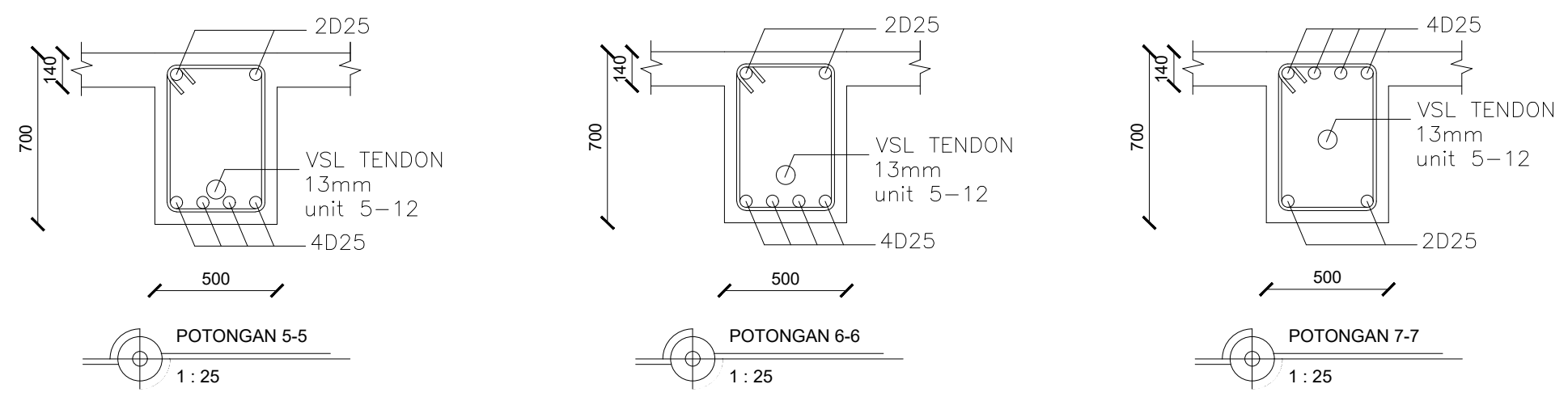
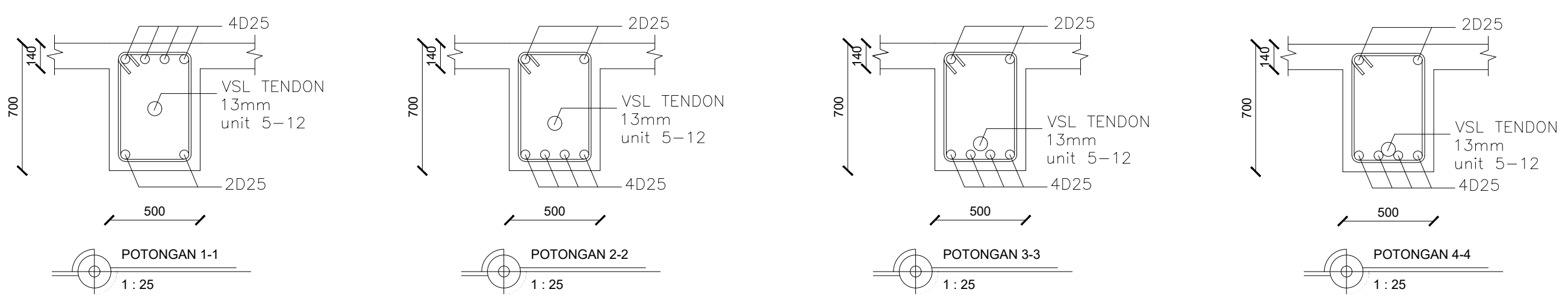
1 : 50

KODE NOMOR GAMBAR

STR 58

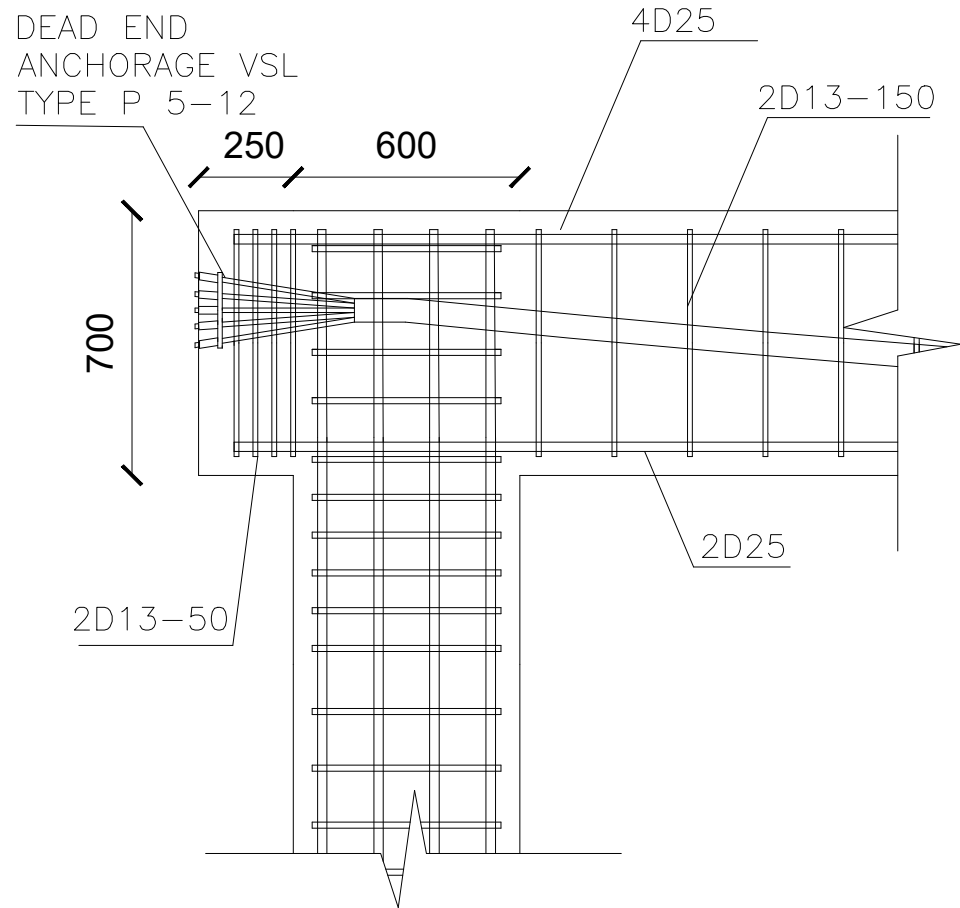


POTONGAN MEMANJANG BALOK PRATEGANG  
1 : 50



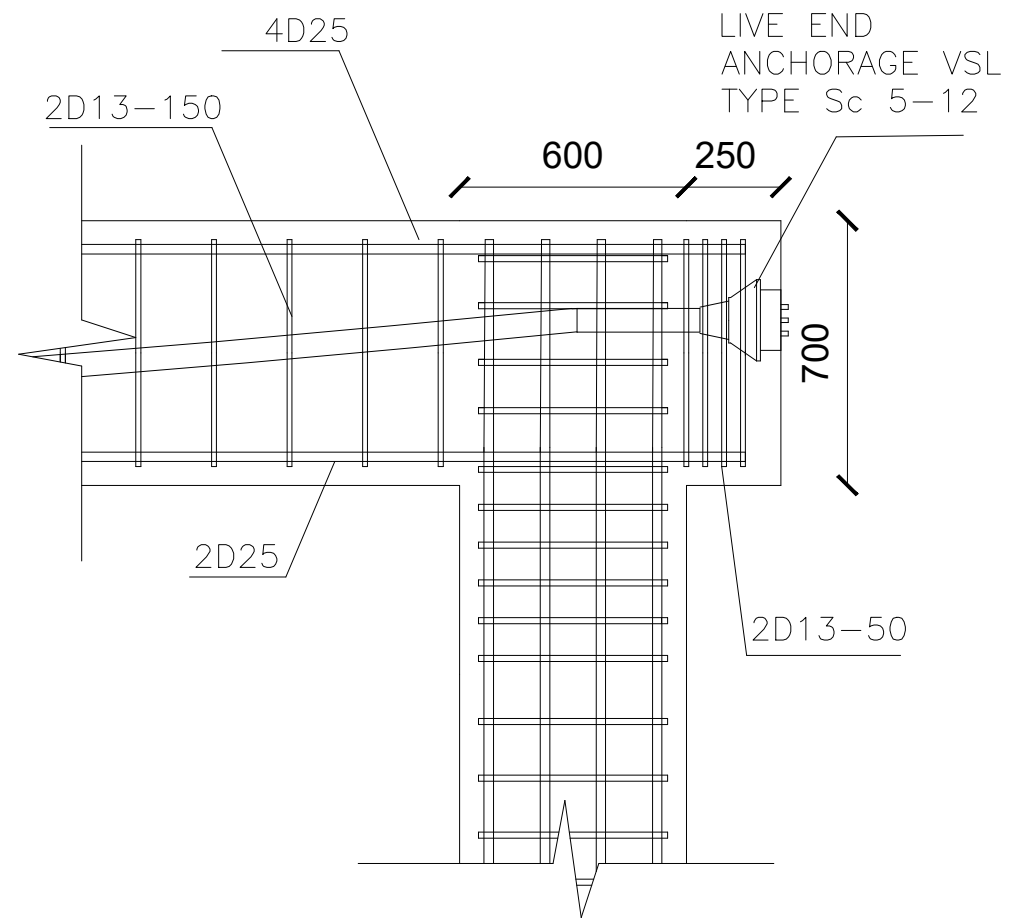
POT	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7
X	1000	2000	4000	6000	8000	10000	12000
Y	96,5	177	289,7	337,9	321,9	241,4	96,5

POSISI KOORDINAT TENDON



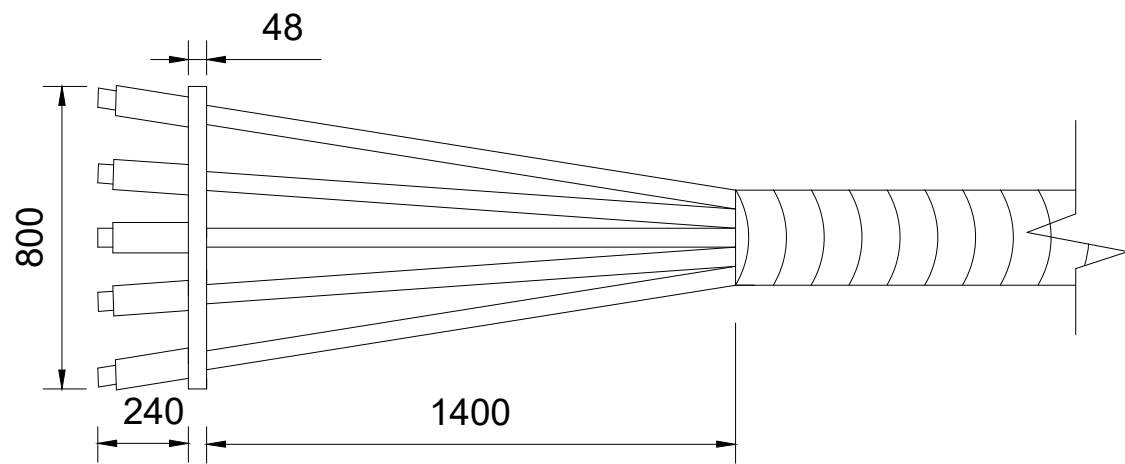
DETAIL A BALOK PRATEGANG

1 : 20



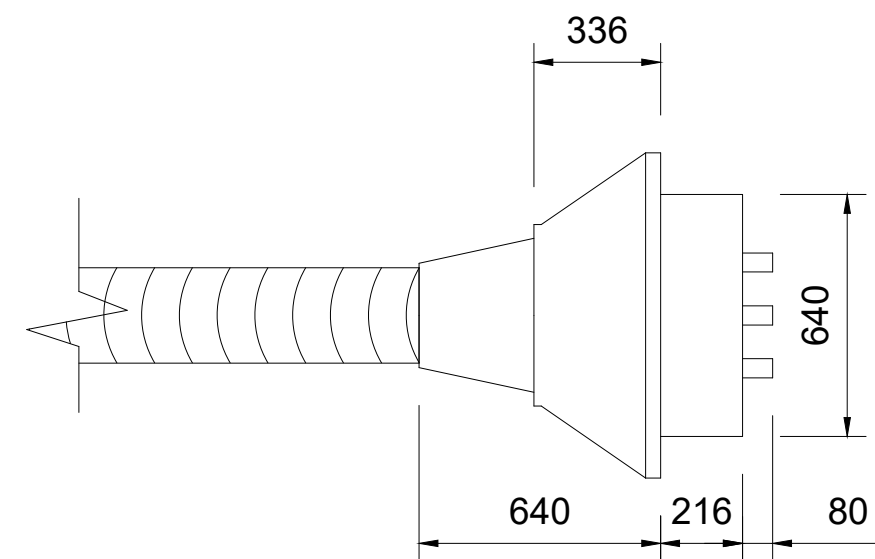
DETAIL B BALOK PRATEGANG

1 : 20



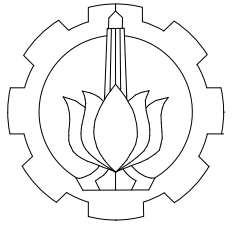
DEAD END ANCHORAGE VSL  
TYPE P 5-12

1 : 5



LIVE END ANCHORAGE VSL  
TYPE Sc 5-12

1 : 5



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PENGANGKURAN  
BALOK PRATEGANG

CATATAN

SKALA

1 : 20

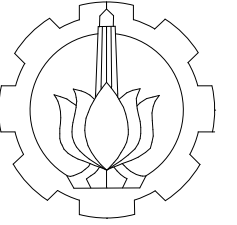
KODE

NOMOR GAMBAR

STR

59





DEPARTEMEN TEKNIK  
 INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
 DENGAN ELEMEN BALOK  
 PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
 NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
 NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PORTAL MEMANJANG AS -A

CATATAN

SKALA

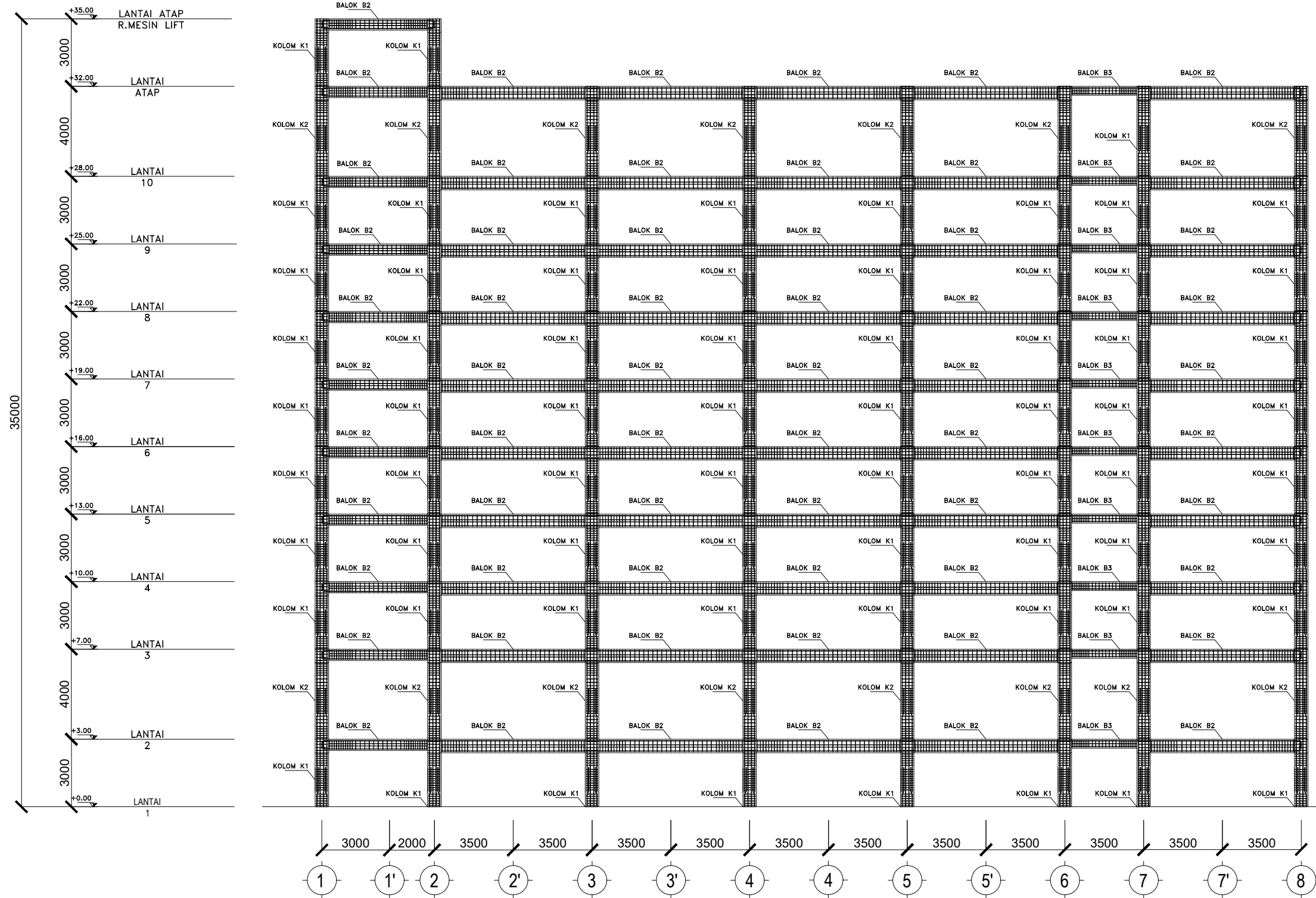
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

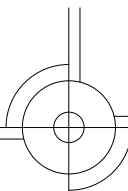
STR

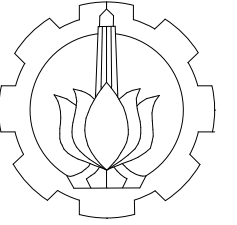
60



PORTAL MEMANJANG AS - A

1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PORTAL MEMANJANG AS - B

CATATAN

SKALA

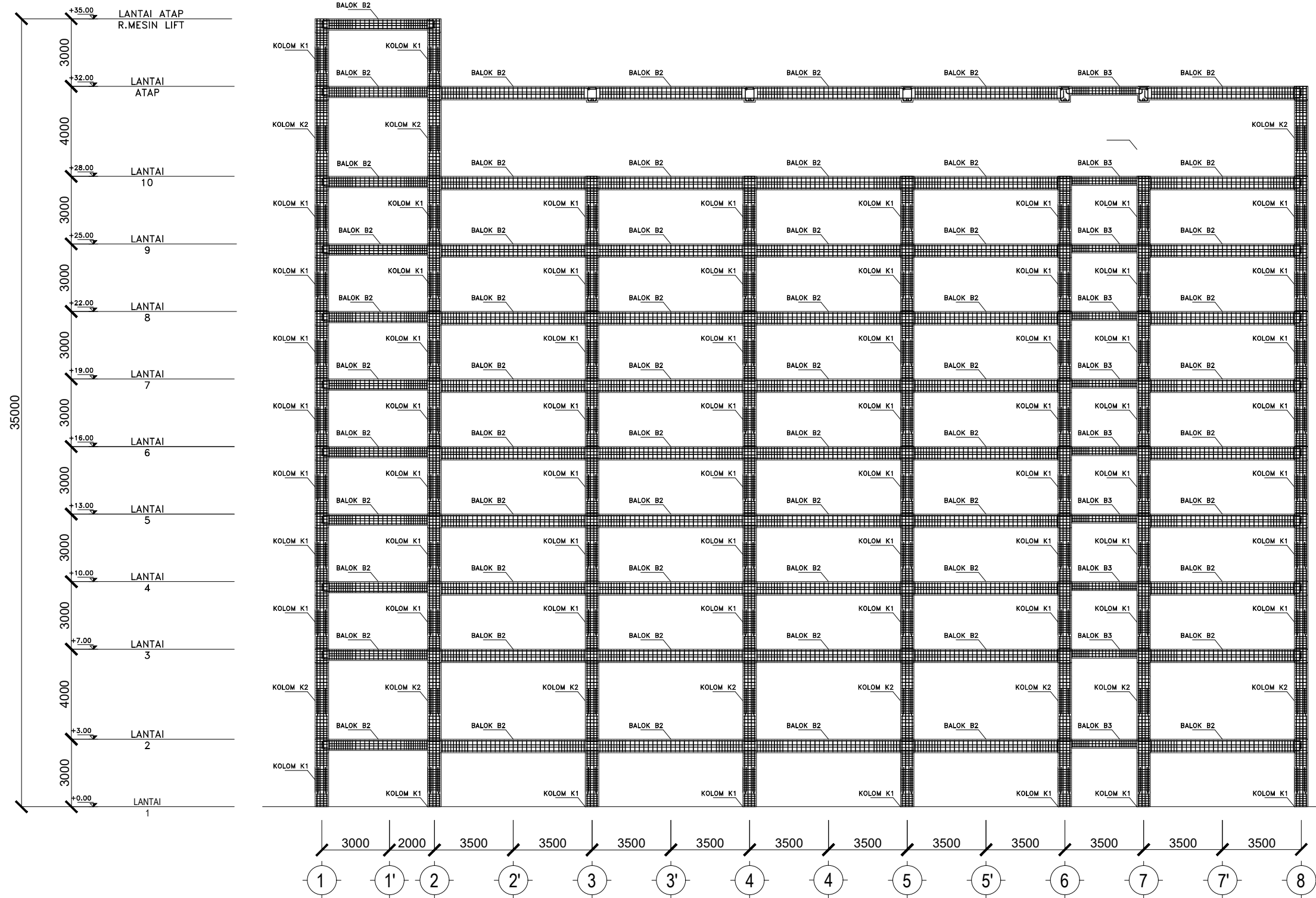
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

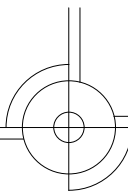
STR

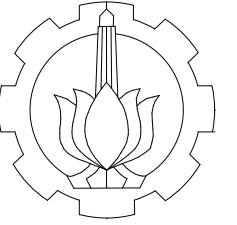
61



PORTAL MEMANJANG AS - B

1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PORTAL MEMANJANG AS -2

CATATAN

SKALA

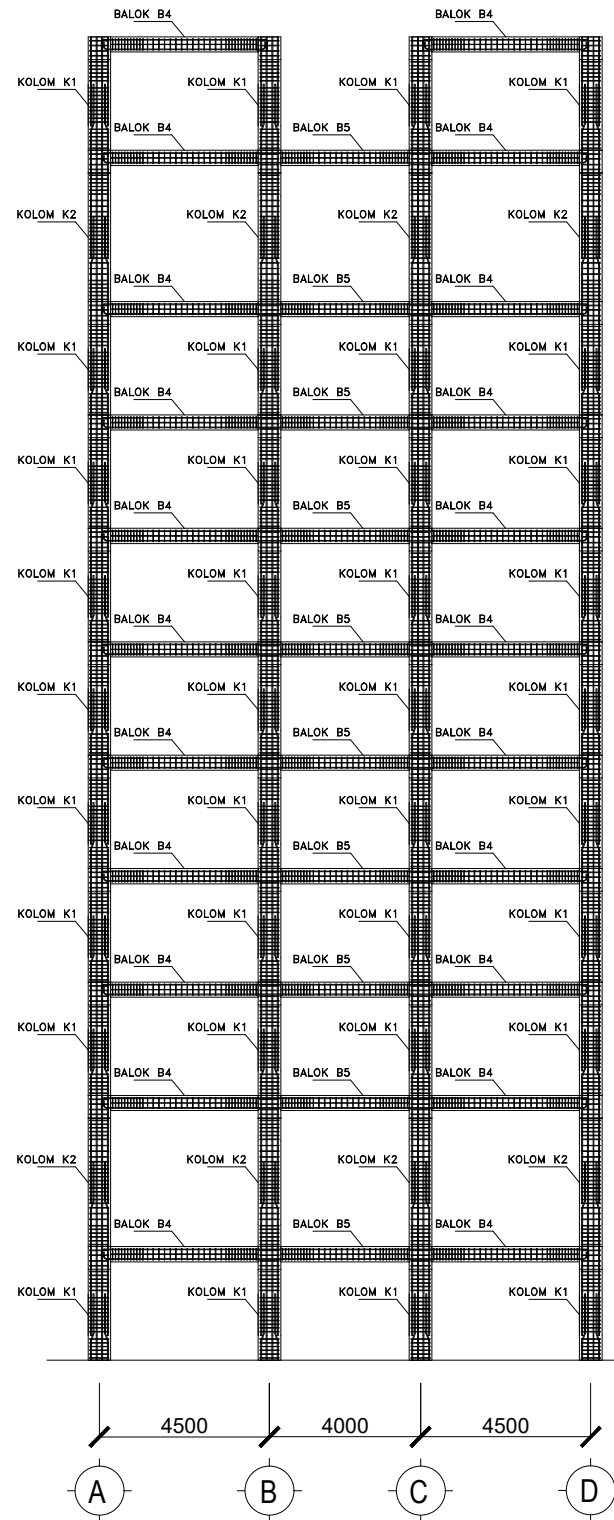
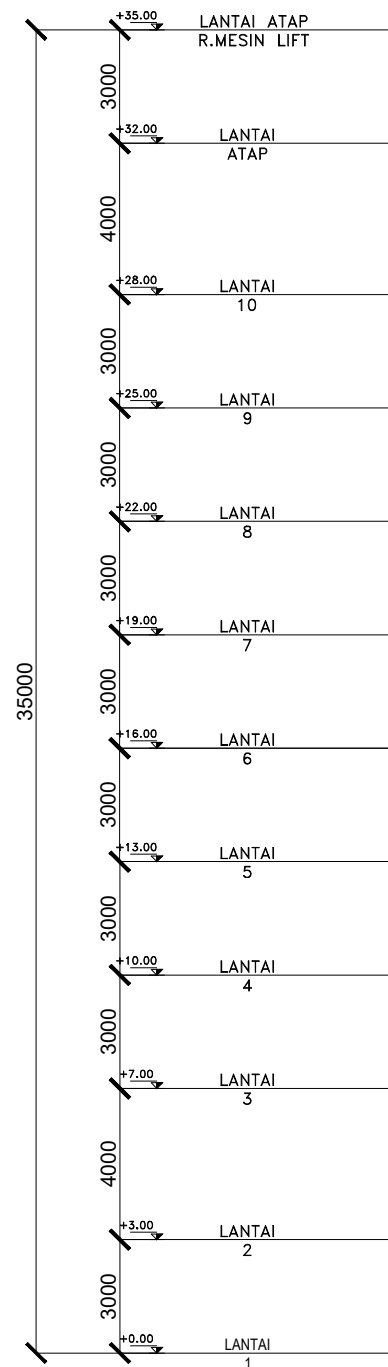
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

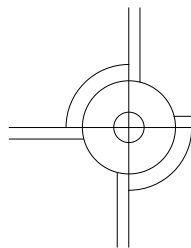
STR

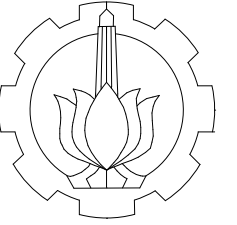
62



POTONGAN MELINTANG AS - 2

1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
 INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
 HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
 DENGAN ELEMEN BALOK  
 PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
 NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
 NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

PORTAL MEMANJANG AS -3

CATATAN

SKALA

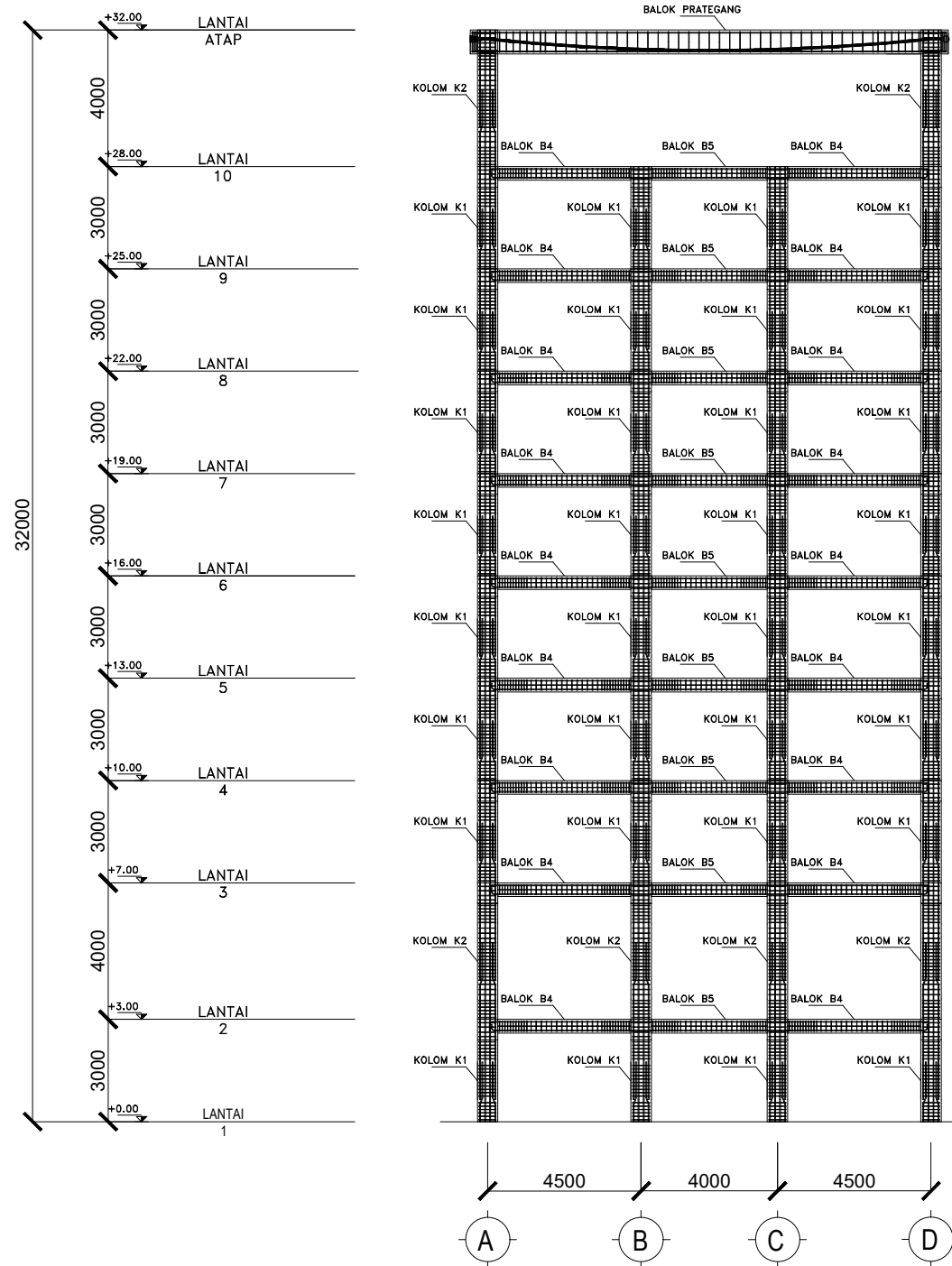
1 : 200

KODE

NOMOR GAMBAR

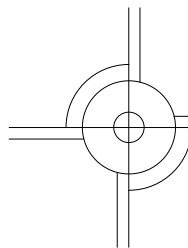
STR

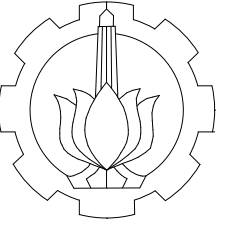
63



POTONGAN MELINTANG AS - 3

1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

HUBUNGAN BALOK KOLOM  
AS B - 3

CATATAN

SKALA

1 : 20

KODE

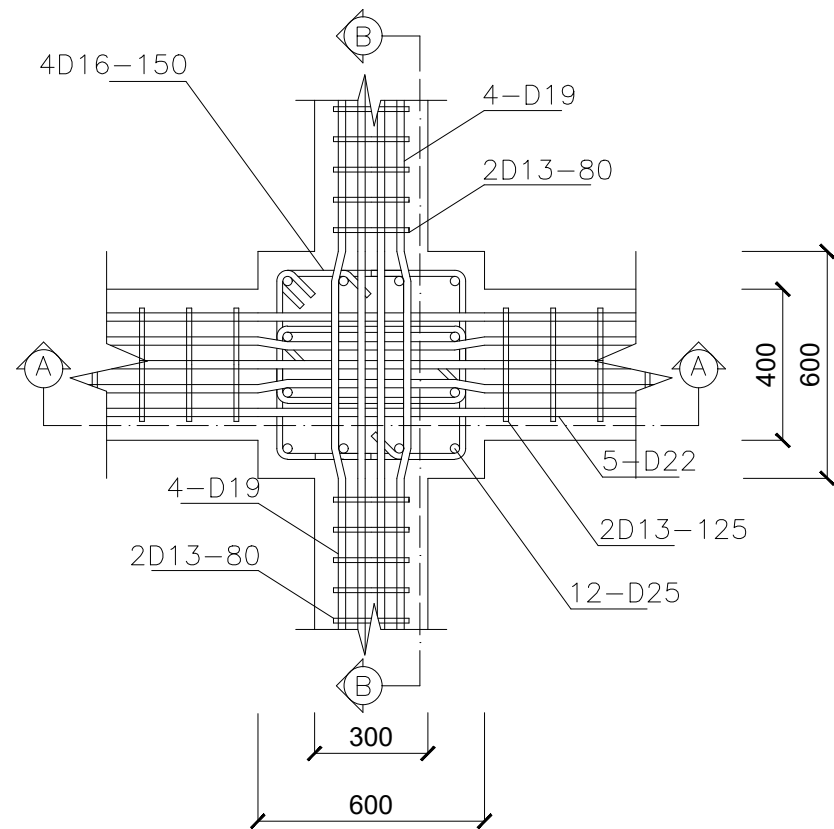
NOMOR GAMBAR

STR

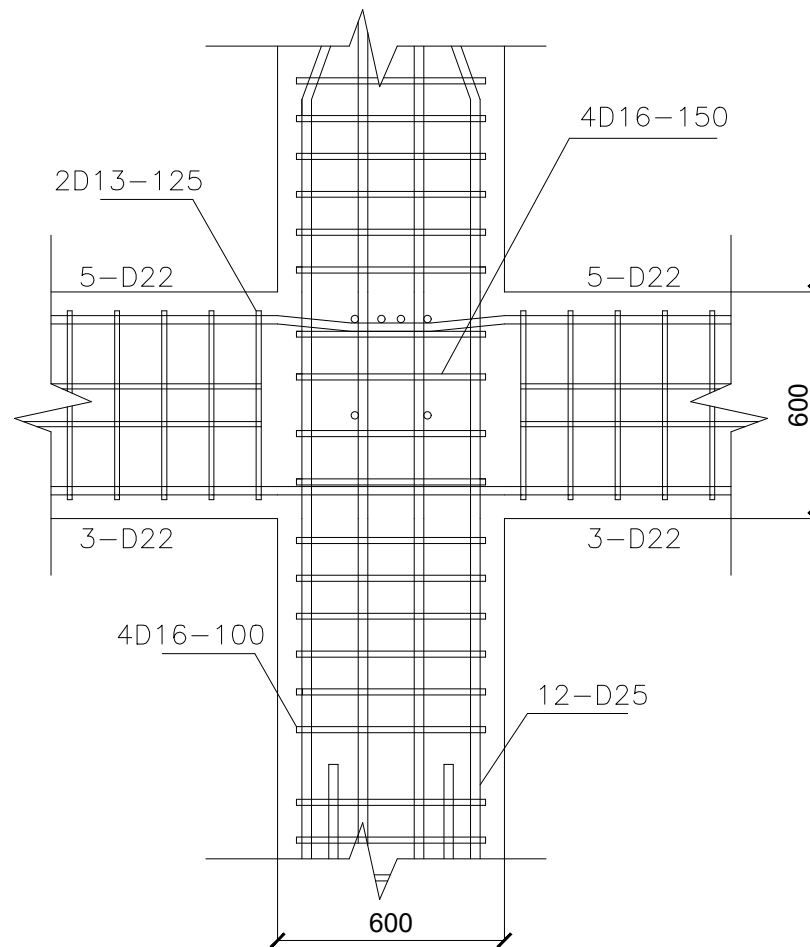
64

## HUBUNGAN BALOK KOLOM AS B-3

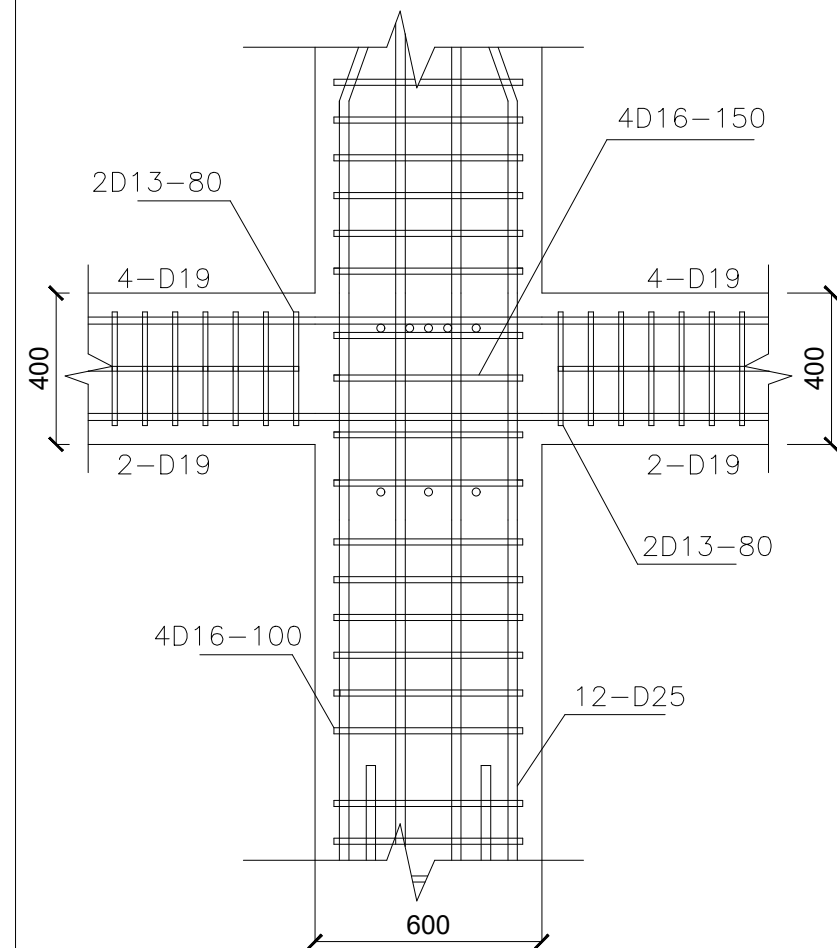
TAMPAK ATAS

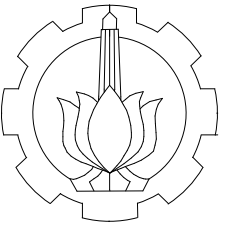


POTONGAN A-A



POTONGAN B-B

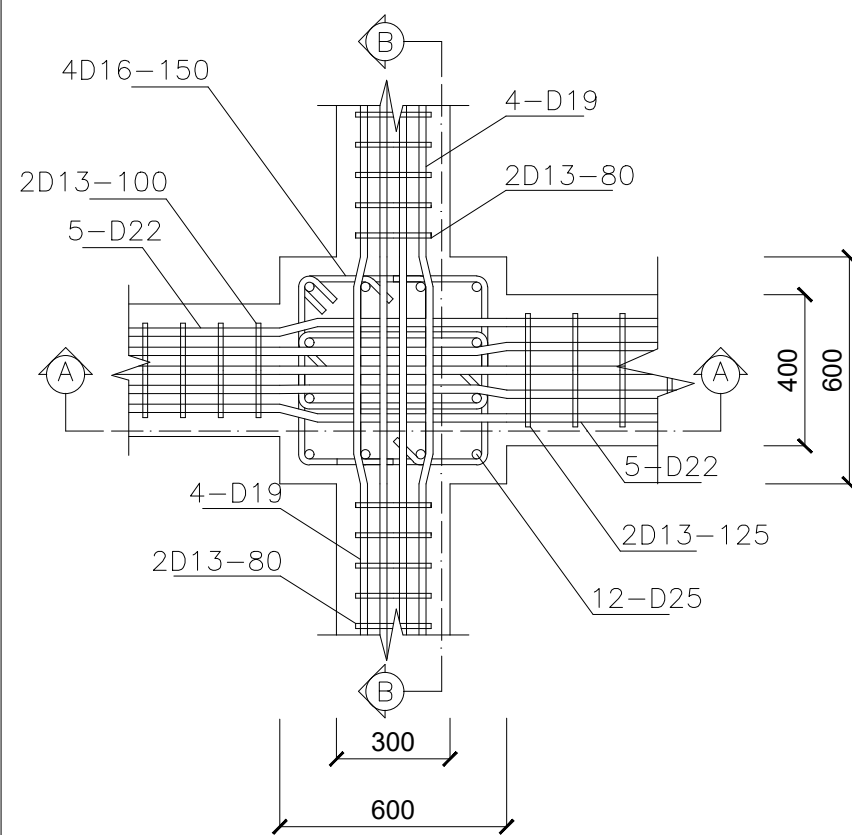




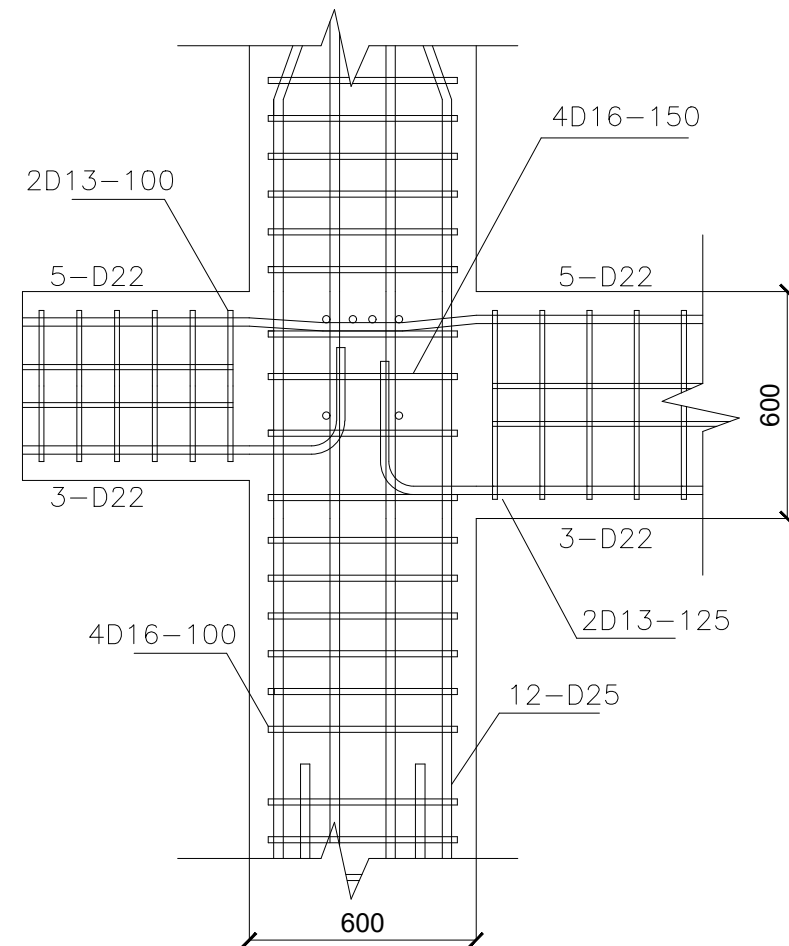
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## HUBUNGAN BALOK KOLOM AS B-2

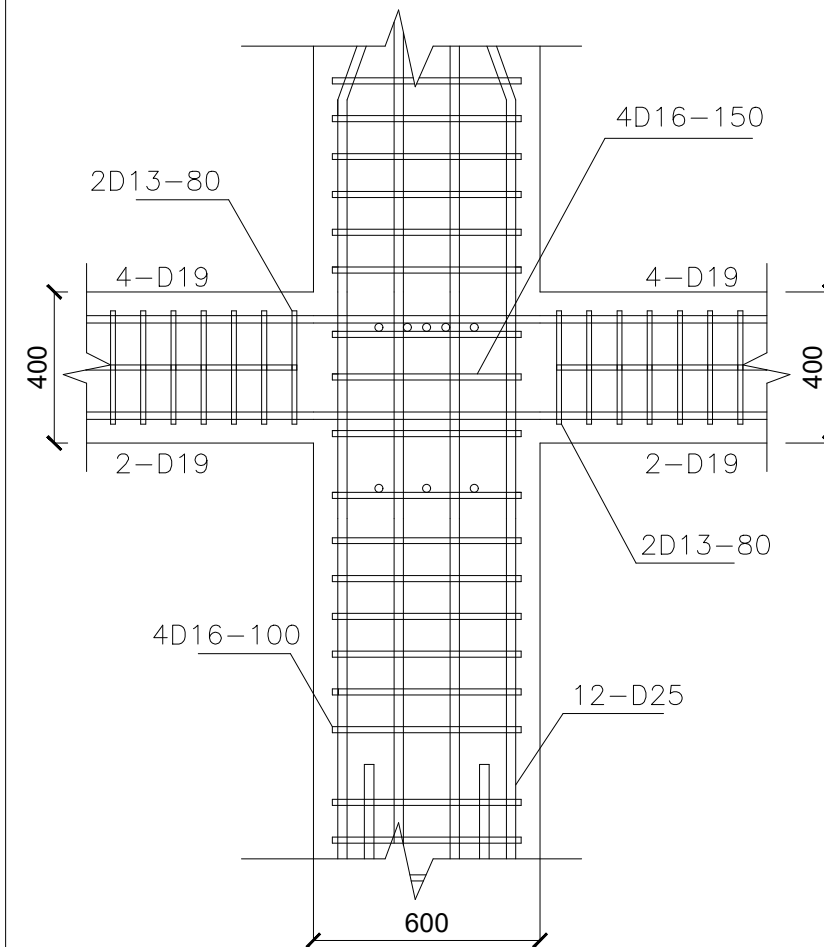
### TAMPAK ATAS



### POTONGAN A-A



### POTONGAN B-B



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

HUBUNGAN BALOK KOLOM  
AS B - 2

CATATAN

SKALA

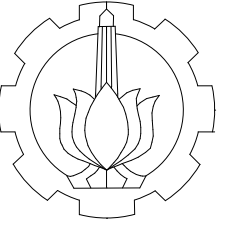
1 : 20

KODE

NOMOR GAMBAR

STR

65



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

HUBUNGAN BALOK KOLOM  
AS A - 3

CATATAN

SKALA

1 : 20

KODE

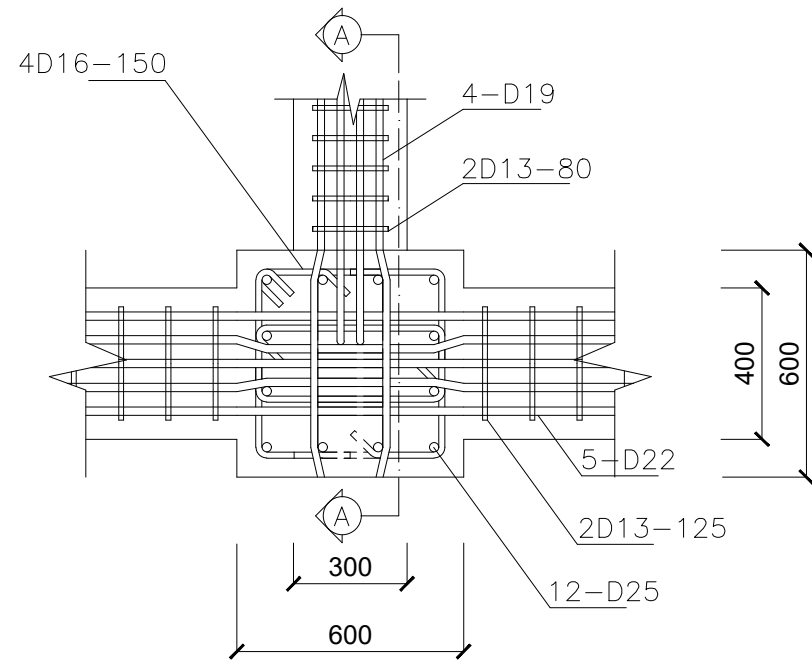
NOMOR GAMBAR

STR

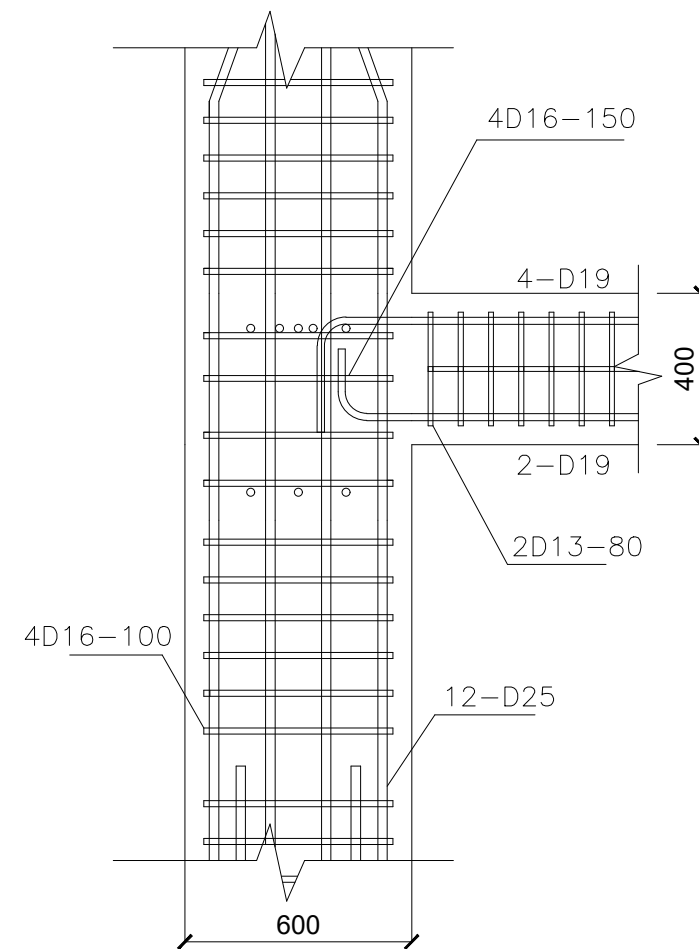
66

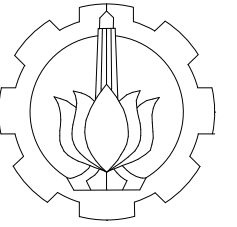
### HUBUNGAN BALOK-KOLOM AS A-3

TAMPAK ATAS



POTONGAN A-A





DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

HUBUNGAN BALOK KOLOM  
AS C - 8

CATATAN

SKALA

1 : 20

KODE

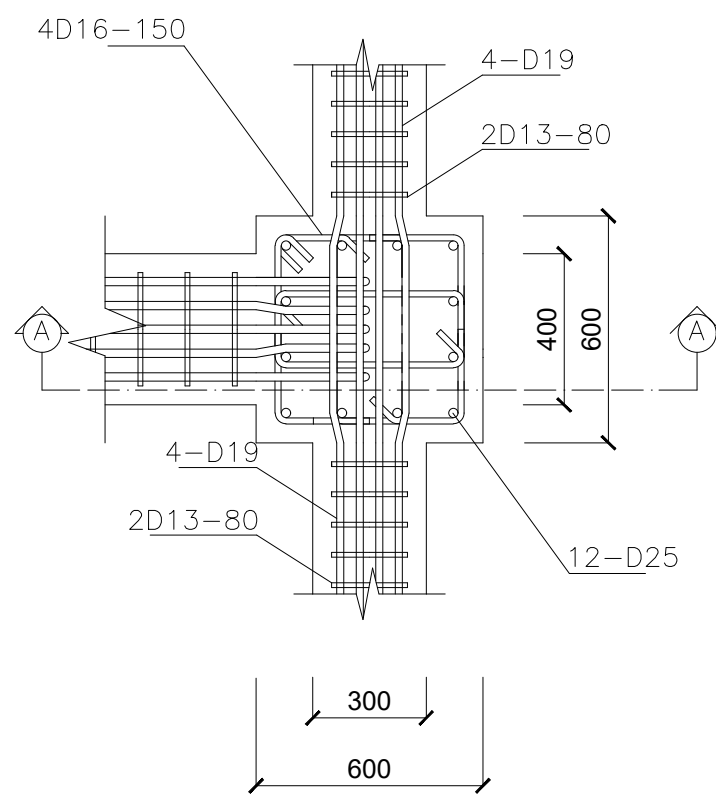
NOMOR GAMBAR

STR

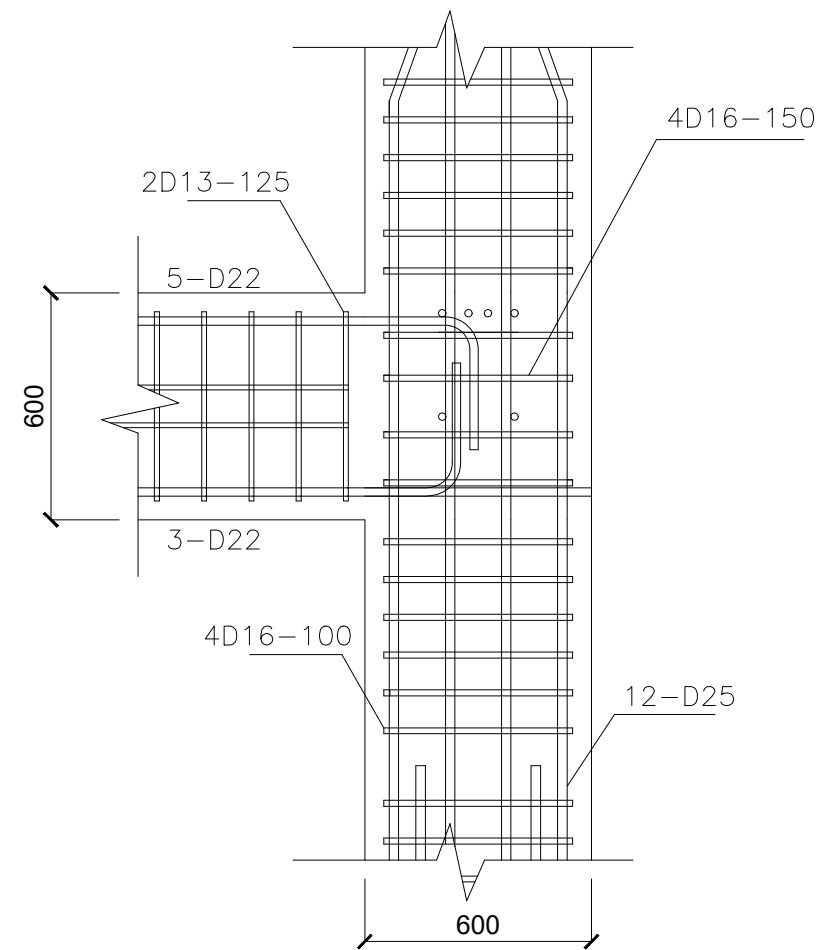
67

## HUBUNGAN BALOK-KOLOM AS C-8

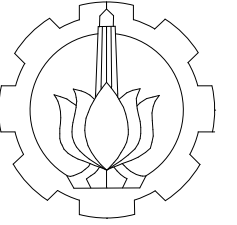
TAMPAK ATAS



POTONGAN A-A







DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

HUBUNGAN BALOK KOLOM  
AS B - 1

CATATAN

SKALA

1 : 20

KODE

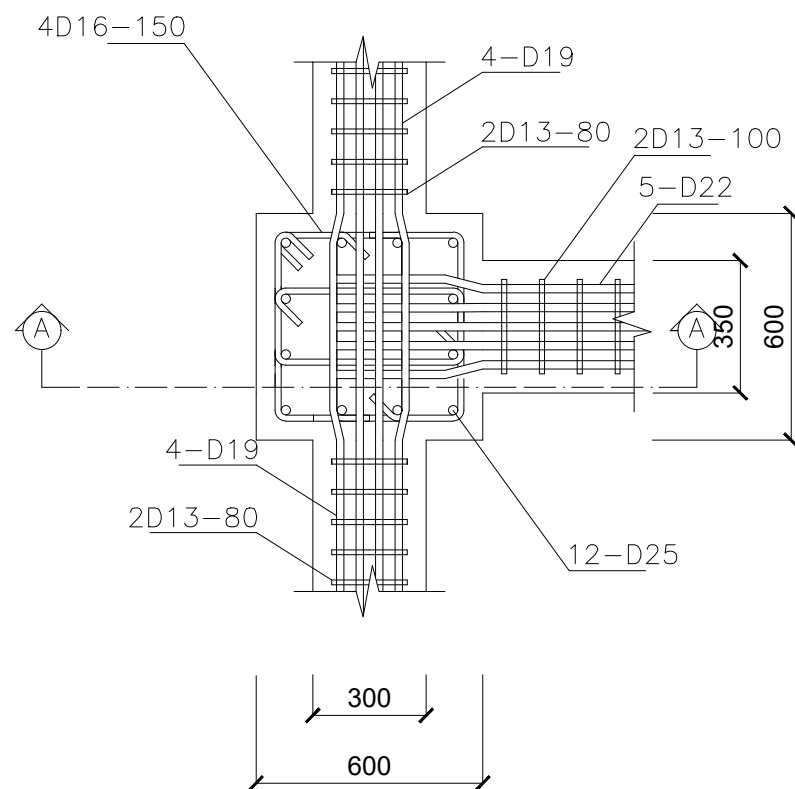
NOMOR GAMBAR

STR

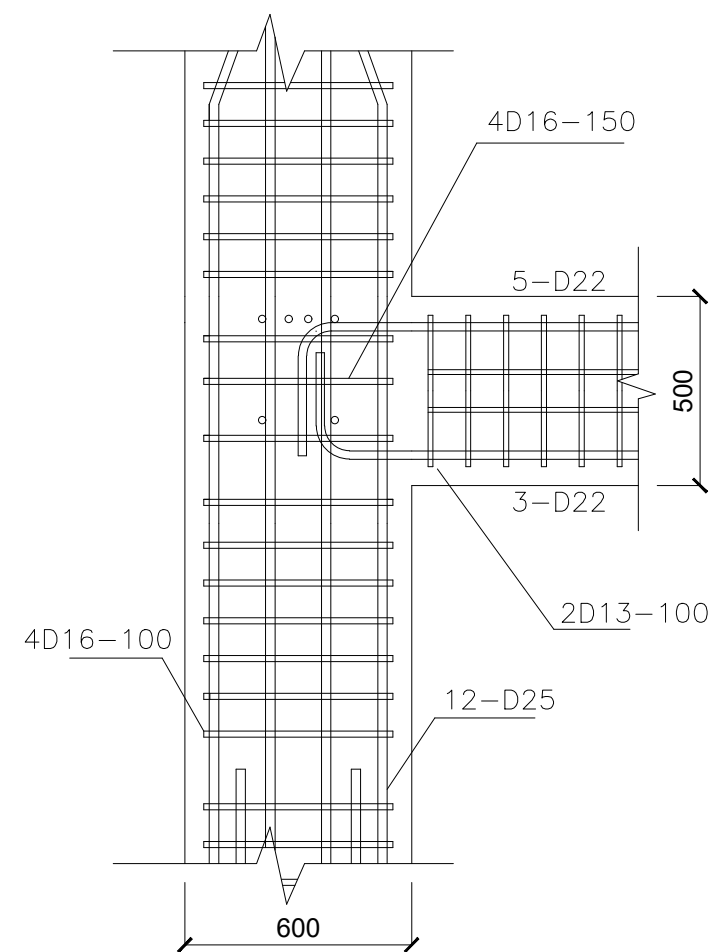
68

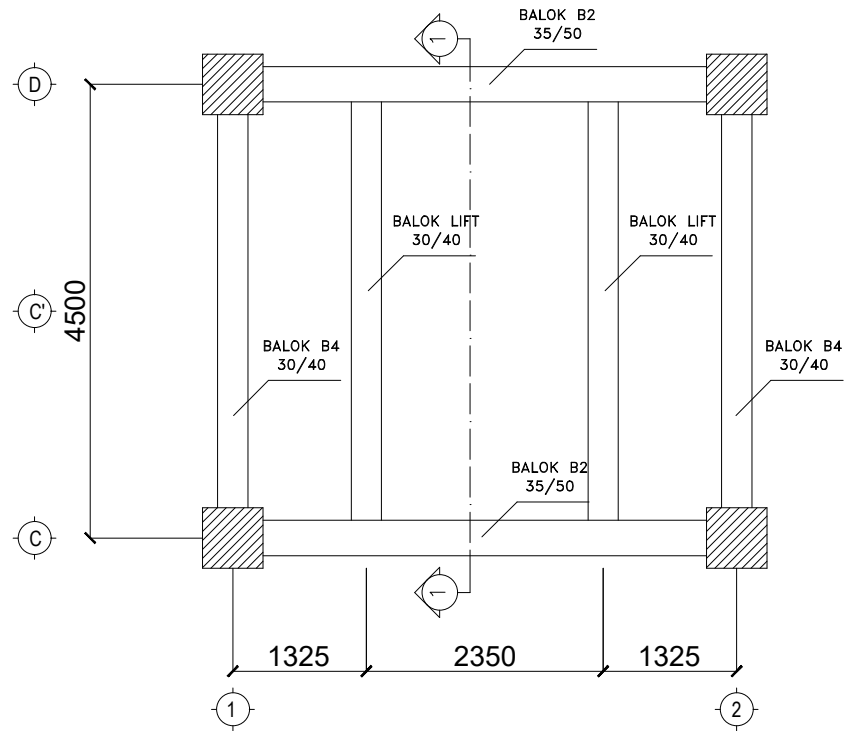
## HUBUNGAN BALOK-KOLOM AS B-1

TAMPAK ATAS

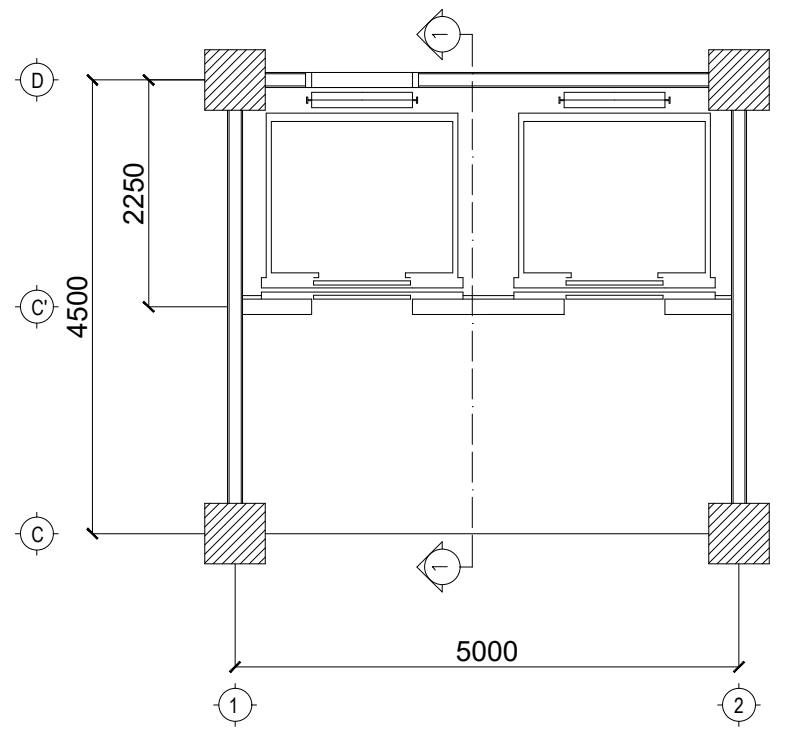


POTONGAN A-A

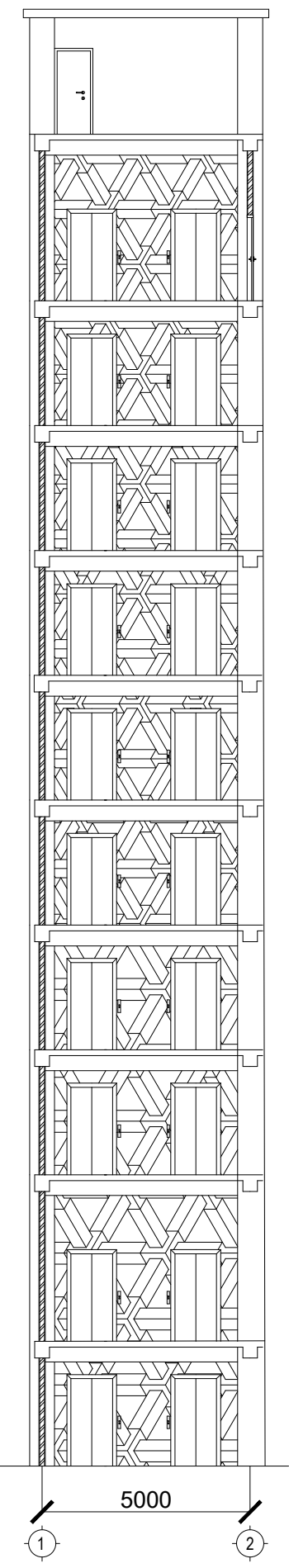
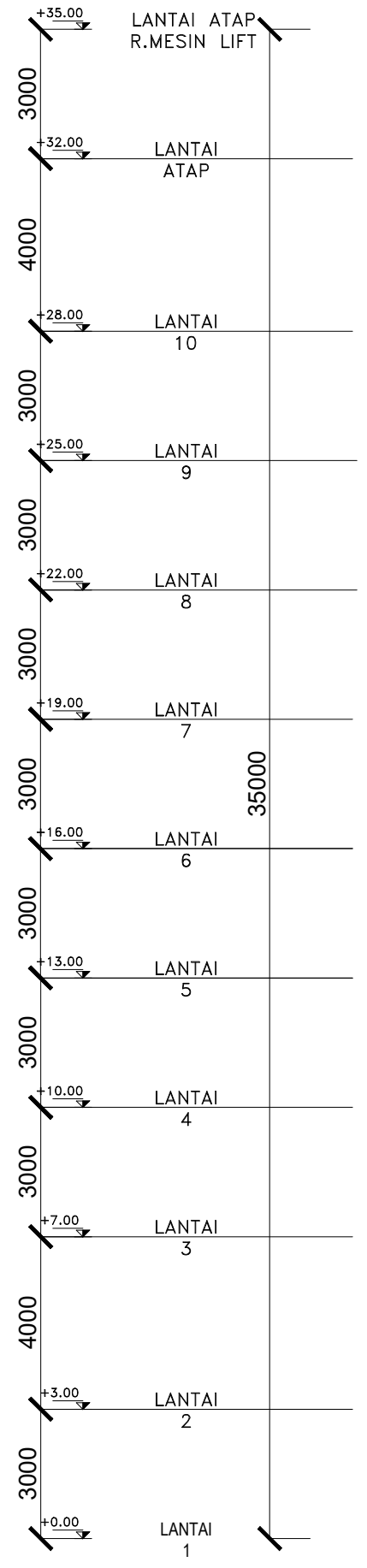




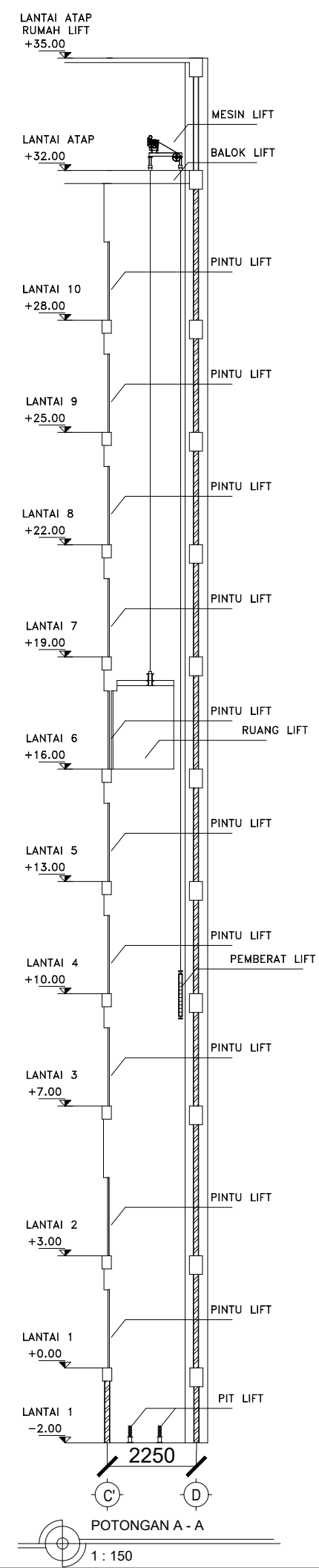
DETAIL RUANG LIFT ELEVASI +32.00  
1 : 75



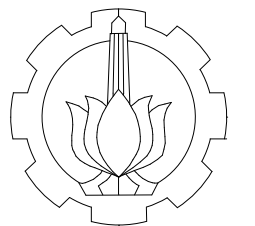
DETAIL RUANG LIFT ELEVASI +0.00 - +28.00  
1 : 75



TAMPAK DEPAN LIFT  
1 : 150



POTONGAN A - A  
1 : 150



DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
HALL PADA HOTEL DI SURABAYA  
DENGAN ELEMEN BALOK  
PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYU AJI, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

MAHASISWA

DHIKA KURNIA RYANTA ADHA  
NRP. 10111410000058

JUDUL GAMBAR

DETAIL LIFT

CATATAN

SKALA

1 : 150

KODE

NOMOR GAMBAR

STR

69